



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELÉCTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE CANJE
AUTOMÁTICO CON VERIFICACIÓN ELECTRÓNICA, PARA
BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET DE 500 ML A 1.2 L”**

Trabajo de titulación:

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORAS: VIVIANA KATERINE PINO PILCO

GEOCONDA ALEJANDRA TIBÁN GAVILANES

DIRECTOR: ING. JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO

Riobamba-Ecuador

2020

© 2020, Viviana Katerine Pino Pilco; & Geoconda Alejandra Tibán Gavilanes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Nosotras, Viviana Katerine Pino Pilco, Geoconda Alejandra Tibán Gavilanes, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 03 de diciembre de 2020



Viviana Katerine Pino Pilco
060427555-2



Geoconda Alejandra Tibán Gavilanes
060517886-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto técnico **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE CANJE AUTOMÁTICO CON VERIFICACIÓN ELECTRÓNICA, PARA BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET DE 500 ML A 1.2 L”**, de responsabilidad de las señoritas **VIVIANA KATERINE PINO PILCO Y GEOCONDA ALEJANDRA TIBÁN GAVILANES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Enrique Guerra Salazar PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		03-12-2020
Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		03-12-2020
Ing. Fausto Ramiro Cabrera Aguayo Msc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		03-12-2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis dos abuelitas Mamá Rosita y Tita que se encuentran en el cielo, a mi madre Luz Pilco que siempre me apoyó a lo largo de mi vida con su amor incondicional, a mi padre Ezequiel que me mostró el sentido de la responsabilidad guiando mi camino para superar obstáculos, a mi hermana Pame que apoyó siempre a cumplir mis metas, a mis tías y mis primas que estuvieron presentes con consejos y valores. A mi compañera de tesis y mejor amiga Geito que me impulsó a culminar juntas nuestra carrera.

Viviana

Dedicado al amor incondicional de mis padres, a mamá por ser la mejor maestra que la vida me pudo dar, a ti papá el hombre más dulce y paciente que puede existir, a mi querida tía por todo su cariño, a Vivi mi amiga y compañera de tesis, sin ti esto no hubiera sido posible y a Cris por todas las veces que me enseñaste y pacientemente escuchaste quejarme, a todos ustedes siempre tendrán un lugar en mi corazón.

Alita.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme permitido culminar mi carrera. A mis padres que siempre estuvieron junto a mí, con toda su paciencia y amor, a mi hermana Pame que me enseñó que siempre es posible ser mejores. A mis segundas madres Ceci, Dori y Mercedes que me ayudaron a ser quien soy. A mis primas hermanas Lorena, Belén y Geoselin. A mis amigos Geito y Danilo por las noches de desvelo estudiando siempre apoyándome para salir adelante y poder cumplir con nuestra meta.

Viviana

A Dios por su guía y cuidado en esta aventura, a mis papas gracias por toda su paciencia, confianza y amor, espero que siempre estén orgullosos de mí como yo lo estoy de ustedes, a los amigos que conocí a lo largo de la carrera y que ahora son parte de mi familia, a Vivi por creer en nuestra idea, a mi querido Cris gracias por todo el apoyo sé que lo hiciste con mucho cariño y por ultimo a mí, fue difícil pero sobre todo muy gratificante.

Alita.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Importancia del proyecto	2
1.2. Origen del problema	3
1.3. Alcance del proyecto	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. <i>Objetivo general.....</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos.....</i>	4

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. Introducción	5
2.2. Antecedentes	5
2.3. Termoplásticos	6
2.4. Polietileno Tereftalato (PET)	8

2.4.1.	<i>Aplicaciones del PET</i>	8
2.4.2.	<i>Consumo de PET a nivel mundial</i>	9
2.4.3.	<i>Consumo de PET en Ecuador</i>	9
2.4.4.	<i>Características de las botellas PET</i>	10
2.5.	Métodos para Identificar PET	10
2.5.1.	<i>Clasificadores ópticos</i>	11
2.5.1.1.	<i>Detección Manual.</i>	11
2.5.1.2.	<i>Detección Automática</i>	11
2.5.2.	<i>Código de Barras.</i>	11
2.5.3.	<i>Marca normalizada</i>	13
2.6.	Máquinas de canje automático	14
2.6.1.	<i>Modelos comerciales</i>	14
2.6.2.	<i>Canje automático</i>	17
2.6.2.1.	<i>Formas de canje automático</i>	17
2.7.	Dispositivos electrónicos para MVI	17
2.7.1.	<i>Sensores para MVI</i>	18
2.7.2.	<i>Actuadores para MVI</i>	19
2.7.2.1.	<i>Motores de Corriente Continua</i>	19
2.7.2.2.	<i>Drivers</i>	20
2.7.2.3.	<i>Periféricos de salida</i>	21
2.7.3.	<i>Dispositivos de comunicación inalámbrica</i>	22
2.8.	Sistemas embebidos	23
2.8.1.	<i>Tarjetas de desarrollo</i>	23
2.8.2.	<i>Software para tarjetas embebidas.</i>	24
2.9.	Sistemas de Gestión para Bases de datos.	25
2.10.	Mecanismos de transmisión	26
2.10.1.	<i>Engranajes y sistemas de engranajes</i>	26
2.10.2.	<i>Poleas</i>	28

2.10.3.	<i>Tornillo sin fin corona</i>	29
2.10.4.	<i>Tornillo - tuerca</i>	30
2.10.5.	<i>Piñón - cremallera</i>	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	33
3.1.	Definición del elemento de canje	34
3.2.	Requerimientos de la máquina de canje automático	36
3.3.	Arquitectura general de ABI	37
3.4.	Diseño modular de ABI	38
3.4.1.	<i>Módulo de procesamiento y módulo de aviso</i>	38
3.4.2.	<i>Módulo de ingreso y módulo de verificación</i>	39
3.4.3.	<i>Módulo de entrada a contenedor y módulo de canje</i>	40
3.4.4.	<i>Módulo de expulsión</i>	41
3.5.	Diseño Electrónico de ABI	42
3.5.1.	<i>Elección de los componentes electrónicos</i>	43
3.5.2.	<i>Esquema general de conexiones</i>	48
3.5.2.1.	<i>Terminales de conexión</i>	49
3.5.2.2.	<i>Consumo eléctrico</i>	50
3.6.	Diseño de hardware de ABI	52
3.6.1.	<i>Herramientas de hardware</i>	52
3.6.2.	<i>Estructura</i>	52
3.6.3.	<i>Módulo de entrada</i>	53
3.6.4.	<i>Módulo de ingreso</i>	55
3.6.5.	<i>Módulo de expulsión</i>	56
3.7.	Implementación de la estructura de ABI	59
3.7.1.	<i>Construcción del módulo de ingreso</i>	59

3.7.2.	<i>Construcción del cuerpo de ABI</i>	59
3.7.3.	<i>Construcción módulo de entrada</i>	60
3.7.4.	<i>Construcción del módulo de expulsión</i>	61
3.7.5.	<i>Implementación de la circuitería y módulo de canje</i>	61
3.8.	Diseño de software de ABI	62
3.8.1.	<i>Herramientas de software</i>	62
3.8.2.	<i>Calibración de la celda de carga</i>	62
3.8.3.	<i>Desarrollo de la base de datos</i>	63
3.8.4.	<i>Configuración del módulo GSM</i>	65
3.8.4.1.	<i>Habilitación de la comunicación UART (serial)</i>	65
3.8.4.2.	<i>Instalación de la librería gammu</i>	65
3.8.4.3.	<i>Configuración de la UART para otros fines</i>	67
3.8.5.	Instalación de impresora HP DeskJet_3700-10 en Raspberry pi	67
3.8.6.	Desarrollo de Software en Thonny Python IDE	68
3.8.6.1.	<i>Librerías</i>	68
3.8.6.2.	<i>Control de la celda de carga</i>	69
3.8.6.3.	<i>Base de datos</i>	69
3.8.6.4.	<i>Control de motores</i>	70
3.8.6.5.	<i>Configuración de los GPIO de entrada y salida</i>	71
3.8.6.6.	<i>Control de la impresión y reproducción de archivos de audio</i>	72
3.8.6.7.	<i>Ejecución automática del Script Principal</i>	72
3.8.6.8.	<i>Algoritmo Final</i>	73

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	75
4.1.	Análisis del funcionamiento de ABI	75
4.1.1.	<i>Calibración de detección de la tapa</i>	75

4.1.2.	<i>Lectura código de barras</i>	76
4.1.3.	<i>Calibración de la celda de carga</i>	77
4.1.4.	<i>Prueba de tiempo de envío de mensajes para el GSM</i>	79
4.1.5.	<i>Funcionamiento general de ABI</i>	81
4.2.	Prueba estadística para ABI	83
4.3.	Análisis de costos	85
	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	88
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1	Clasificación de termoplásticos	7
Tabla 2- 2	Modelos comerciales de MVI.....	15
Tabla 2- 3.	Tipos de lectores de códigos de barras	18
Tabla 2- 4.	Principales sensores para automatizar procesos	19
Tabla 2- 5.	Principales motores para MVI, modelos y características	19
Tabla 2- 6.	Controladores para motores de corriente continua	20
Tabla 2- 7.	Principales periféricos de salida para computadoras	21
Tabla 2- 8.	Dispositivos para comunicación inalámbrica	22
Tabla 2- 9.	Principales tarjetas electrónicas disponibles en el mercado.....	23
Tabla 2- 10.	Software orientado a tarjetas de desarrollo	24
Tabla 2- 11.	Sistemas de Gestión para bases de datos.	25
Tabla 3- 1.	Nivel de confianza.....	34
Tabla 3- 2.	Resultados de la encuesta para elección de canje	35
Tabla 3- 3.	Descripción de los dispositivos electrónicos empleados en el diseño de ABI....	43
Tabla 3- 4.	Terminales de conexión de ABI	49
Tabla 3- 5.	Calibración de celda de carga	63
Tabla 3- 6.	Creación de base de datos y servidor Web.	63
Tabla 3- 7.	Comandos para la configuración de la impresora.....	67
Tabla 4- 1.	Primera prueba de calibración del sensor capacitivo.....	75
Tabla 4- 2.	Prueba del sensor capacitivo recalibrado.....	76
Tabla 4- 3.	Error de lectura	76
Tabla 4- 4.	Error de medición de la celda de carga.....	77
Tabla 4- 5.	Incertidumbre en medición del peso de las botellas	77
Tabla 4- 6.	Registro de tiempos de demora en envío de mensajes.....	79
Tabla 4- 7.	Evaluación de botellas en función a los requerimientos y el canje.....	81
Tabla 4- 8.	Botellas erróneas.....	83
Tabla 4- 9.	Frecuencias esperadas.....	84
Tabla 4- 10.	Resultados de la prueba X2.....	85
Tabla 4- 11.	Costo total.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2- 1.	Tipos de códigos de barras	12
Figura 2- 2.	Estructura del código de barras según el sistema EAN/UPC	13
Figura 2- 3	Sistema de engranajes reductor	26
Figura 2- 4.	Sistema de engranajes multiplicador	27
Figura 2- 5	Tipos de sistemas de engranajes.....	28
Figura 2- 6.	Poleas fijas.....	28
Figura 2- 7.	Poleas móviles.....	29
Figura 2- 8.	Polipasto.....	29
Figura 2- 9.	Tornillo sin fin corona.....	30
Figura 2- 10.	Tornillo – tuerca	30
Figura 2- 11.	Piñón - cremallera	31
Figura 3- 1.	Etapas para el desarrollo del prototipo.	33
Figura 3- 2.	Arquitectura general de ABI	37
Figura 3- 3.	Esquema de conexión electrónica de ABI.....	49
Figura 3-4.	Corriente obtenida con el proceso en pausa.	51
Figura 3- 5.	Corriente obtenida con el proceso en pausa amplificada en un factor de 10.....	51
Figura 3-6.	Corriente obtenida con el proceso en funcionamiento.	52
Figura 3- 7.	Distribución de la estructura física de ABI	53
Figura 3- 8.	Estructura del módulo de entrada.....	54
Figura 3- 9.	Diseño del mecanismo del módulo de ingreso	56
Figura 3- 10.	Mecanismo de transmisión del módulo de canje.....	58
Figura 3- 11.	Estructura del módulo de expulsión	58
Figura 3- 12.	Implementación módulo de ingreso	59
Figura 3- 13.	Implementación de la estructura.....	60
Figura 3- 14.	Implementación del módulo de entrada	60
Figura 3- 15.	Implementación del módulo de expulsión.....	61
Figura 3- 16.	Circuitería y módulo de canje	62
Figura 3- 17.	Habilitación de la UART.....	65
Figura 3- 18.	Configuración del puerto para gamma	66
Figura 3- 19.	Verificación de funcionamiento del módulo GSM	66
Figura 3-20.	Librerías instaladas.....	68
Figura 3-21.	Activación de GPIO.	69

Figura 3- 22.	Control de la celda de carga.	69
Figura 3- 23.	Conexión con la base de datos.	70
Figura 3- 24.	Sentencia SQL para la extracción de datos en función del código de barras. ...	70
Figura 3- 25.	Tipo de codificación.	70
Figura 3- 26.	Configuración de los GPIO como salidas para motor puerta.	71
Figura 3- 27.	Funciones para el movimiento del motor puerta.	71
Figura 3- 28.	Configuración de los GPIO de entrada.....	71
Figura 3- 29.	Configuración de los GPIO de salida.	72
Figura 3- 30.	Ejecución del canje.....	72
Figura 3- 31.	Reproducción de archivos de sonido.....	72
Figura 3- 32.	Arranque automático del programa.....	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3- 1.	Resultados de la encuesta para elección del elemento de canje.....	35
Gráfico 3- 2.	Diagrama de flujo de los módulos procesamiento y aviso	38
Gráfico 3- 3.	Diagrama de flujo de los módulos de ingreso y de verificación	40
Gráfico 3- 4.	Diagrama de flujo del módulo de entrada al contenedor y módulo de canje.....	41
Gráfico 3- 5.	Diagrama de flujo módulo de expulsión.....	42
Gráfico 3- 6.	Diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento de ABI.	74
Gráfico 4- 1.	Tiempo de mensajes	80
Gráfico 4- 2.	Botellas evaluadas.	81
Gráfico 4- 3.	Entrega de canje correcto.....	82
Gráfico 4- 4.	Error en la entrega de canje.	82
Gráfico 4- 5.	Botellas incorrectas.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** ENCUESTA MODELO PARA DEFINIR TIPO DE CANJE.
- ANEXO B.** PLANOS MÓDULO DE ENTRADA
- ANEXO C.** PLANOS MÓDULO DE INGRESO
- ANEXO D.** PLANOS MÓDULO DE EXPULSIÓN
- ANEXO E.** SCRIPT PESO
- ANEXO F.** TABLA IMPORTADA A LA BASE DE DATOS
- ANEXO G.** TABLA DE VALORES CRÍTICOS DE CHI CUADRADO
- ANEXO H.** EVIDENCIA FOTOGRÁFICA

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basó en el diseño y construcción de una máquina de canje automático con verificación electrónica capaz de receptor botellas plásticas tipo PET de 500 ml a 1.2 L, para el desarrollo del prototipo se realizó una recopilación bibliográfica centrada en los modelos comerciales de máquinas de venta inversa, denotando las principales falencias, para definir los requerimientos que debe cumplir el prototipo (detección de tapa, botella PET sin contenido adicional, elemento de canje). Se escogieron los componentes requeridos para el diseño del software y hardware que contemplan: detección de tapa, presencia del elemento de canje, estado de los contenedores de tapas y botellas, así como la verificación del plástico mediante la lectura del código de barras de la etiqueta en base a los módulos de ingreso, expulsión y entrada al contenedor. El prototipo ABI (Automatic Bottle Interchange) inicia su operación al pulsar un botón que indica el análisis del estado de contenedores, cuando alguno se encuentra en rojo el sistema permanece inactivo y se comunica el fallo vía mensaje de texto al encargado del mantenimiento, a su vez ABI es capaz de detectar el incumplimiento de alguno de los requisitos expulsando cualquier elemento colocado en su interior, caso contrario se procede con el canje. Utilizando la reproducción de indicaciones se mejoró la interacción entre la máquina y el usuario. Para validar el prototipo se aplicó la prueba estadística Chi Cuadrado de Pearson, en donde al ser el valor de P menor al nivel de significancia ($3.4431E-22 < 0.05$) y con un nivel de confiabilidad del 95% se concluyó que la entrega del canje de es dependiente del cumplimiento de los requisitos. Para futuras mejoras se recomienda la utilización de una galga que permita un mayor control tanto en la presencia como en el peso de la tapa.

PALABRAS CLAVE: <MÁQUINAS DE VENTA INVERSA>, <BOTELLA PLÁSTICA>, <VERIFICACIÓN DEL PLÁSTICO>, <CANJE AUTOMÁTICO>, <POLIETILENO TEREFTALATO (PET)>, <NIVEL DE SIGNIFICANCIA>.



FIRMADO DIGITALMENTE POR:
JHONATAN RODRIGO
BARRERO OQUILLAS



28-10-2020

424-DBRAI-UPT-2020

ABSTRACT

The present graduate research project was based on the design and construction of an automatic exchange machine with electronic verification capable of processing PET-type plastic bottles ranging in size from 500 ml to 1.2 L. In order to develop the prototype, a literature review was completed, focusing on commercial models of reverse vending machines and analyzing the main shortcomings with the goal of defining the requirements that the prototype must meet (cap detection, PET bottle without additional content, exchange item). The components for the design of the software and hardware were thus chosen, which included: lid detection, the presence of the exchange element, the condition of the caps and bottles, as well as verification of the plastic via reading the barcode label based on the modules of entry, expulsion and entry to the container. The ABI (Automatic Bottle Interchange) prototype commences operation by pressing a button that indicates that the container status is being analyzed. When the button is red the system remains inactive and the failure is communicated via text message to the maintenance manager. The ABI is able to detect a breach of any of the requirements and will thus expel any such element placed inside. If requirements are met, the exchange is carried out. Reproduction of indications was used to improve the interaction between the machine and the user. To validate the prototype, the Pearson Chi Square statistical test was applied, where the P value was less than the level of significance ($3.4431E-22 < 0.05$) and with a reliability level of 95%, it was concluded that the exchange is only processed if the container complies with the requirements. For future improvements, the use of a gauge is recommended that would allow for greater control in regard to both the presence and the weight of lids.

KEYWORDS: <REVERSE SALES MACHINES>, <PLASTIC BOTTLE>, <PLASTIC VERIFICATION>, <AUTOMATIC EXCHANGE>, <POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)>, <SIGNIFICANCE LEVEL>.

INTRODUCCIÓN

La importancia del reciclaje de botellas plásticas PET tiene alta relevancia ya que se trata de un material que tarda demasiado tiempo en degradarse, además forma parte de muchos productos consumidos a diario. Alrededor del mundo se han conseguido fomentar la idea de reciclar, especialmente en países que generan mucha basura; de esta manera se disminuye la cantidad de energía necesaria para fabricar nuevos productos (De Los Santos, 2018). Así surge la idea del reverse vending, que consiste en el principio de insertar un material en una máquina que otorga un incentivo por dicha acción, a esta terminología se la considera como el complemento perfecto para las máquinas de venta automática, ya que permiten la reutilización de envases (Hostelvending, 2019).

Las máquinas de reverse vending (MVI) tienen gran acogida y se han implementado en varios países europeos tales como Alemania, Dinamarca, España debido al criterio de evitar que miles de toneladas de envases vayan directamente a la basura (Elconfidencialdigital, 2019). La versatilidad que presentan estos equipos para premiar al usuario con un cambio monetario o dinero virtual (Menéndez Sánchez, 2019). El último año con el surgimiento del vending gourmet que aparece como una idea innovadora por parte de la empresa “distribucionmayorista.online” en la que busca añadir un componente ecológico a las máquinas de vending (Elconfidencialdigital, 2019).

Las máquinas construidas industrialmente manejan sensores para la verificación de los envases entre los más comunes están el lector de código de barras omnidireccional y cámaras para hacer un análisis de imagen (Envaciclo, 2020). A pesar de tener todos estos sensores las máquinas no aseguran que la máquina reciba material netamente PET pues, la lectura se la realiza de forma externa y en algunos casos que se realiza interna el envase debe ser retirado por el usuario (Begreenreciclaje.es, 2020). Con el fin de mejorar el funcionamiento y entrega correcta del canje en las máquinas de reverse vending se propone realizar el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE CANJE AUTOMÁTICO CON VERIFICACIÓN ELECTRÓNICA, PARA BOTELLAS PLÁSTICAS TIPO PET DE 500 ML A 1.2 L”.

El desarrollo del prototipo consta de una recopilación bibliográfica, definición del tipo de canje en conjunto con los requerimientos de la máquina, el diseño y elección tanto del hardware procesador, sensores y actuadores como del software en el cual se realiza y ejecuta el programa principal que permite el funcionamiento de todo el proceso, así como la implementación y la comprobación de la entrega de canje en función al cumplimiento de los requerimientos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.

1.1. Importancia del proyecto

El tema del reciclaje ha tomado fuerza durante los últimos años por su alto impacto ambiental, razón por la cual varias empresas e instituciones de educación superior se han interesado en la realización de investigaciones y la fabricación de máquinas que ayuden con este proceso.

En Europa la tendencia del “reverse vending” lleva ya varios años en acción, es el caso de TOMRA’s, una empresa noruega dedicada a dar soluciones en reverse vending, cuenta con alrededor de 82.000 instalaciones en más de 60 mercados (TOMRA). Otra empresa situada en el mismo país es RVM Systems, la cual se dedica al desarrollo, producción y mantenimiento de máquinas expendedoras inversas, que hasta la actualidad registra una venta de 5000 unidades al rededor del mundo (RVMsystems, 2019).

En Ecuador la marca Tritubot cuenta con alrededor de 38 equipos dedicados al reciclaje de botellas de plástico PET; funcionando en Quito, Guayaquil, Manta, Ambato, Riobamba y Santo Domingo, su diseño se basa en la lectura de la etiqueta de la botella de forma externa, es decir fuera del contenedor, si bien el proceso es útil, resulta poco robusto ante el ingreso de materiales que puedan dañar el mecanismo. En la ciudad de Guayaquil una de las máquinas fue averiada por causa de una barra metálica y varios golpes (El telégrafo, 2019).

En la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) en 2011 se desarrolló un prototipo de máquina dedicada al reciclaje de botellas tipo PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml (Sandoval Escobar, y otros, 2011), al igual que un estudio realizado en 2016 en la Escuela Politécnica Nacional, cuyo fin era el de determinar la factibilidad de implementar una máquina de similares características a la anterior (Llive Bastidas, y otros, 2016). En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se desarrolló en 2014 el diseño y construcción de un modelo de máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, para botellas de 500ml, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la facultad de Mecánica; mismo que en años posteriores fue repotenciado (Cardoso Totoy, y otros, 2015).

Si bien todos estos prototipos cumplieron con los requisitos planteados, son modelos que presentan varios problemas; pues en el caso del equipo de la ESPOCH y la ESPE se maneja un

método de verificación de las botellas mecánico el cual se basa en los diámetros de los recipientes, que lo restringe a un determinado tamaño de botellas, además debido a este mecanismo no se tiene una seguridad en el ingreso de botellas con líquido que pueda dañar el equipo. En el caso del estudio de la Politécnica Nacional mantiene un diseño similar al anterior con la diferencia de que proponían añadir sensores para verificar si el tipo de plástico, sin embargo, no comprueba el contenido de la botella perdurando el problema de seguridad en el caso que exista derrame de líquidos sobre el equipo.

El presente proyecto tiene como fin cubrir esas falencias al momento de receptar y verificar los diferentes tipos de botellas plásticas, expandiendo el rango en tamaños de los recipientes, con un sistema de control de ingreso de botellas vacías que asegure la protección y funcionamiento de la máquina ante derrames; adicionando un sistema que permita canjear un elemento de forma automática por cada botella ingresada.

1.2. Origen del problema

Según un informe de la organización de las naciones unidas (ONU) titulado "El uso único del plástico", apenas un 9% es reciclado, un 12% se incinera y el 79% de estos envases van directamente a la basura, es decir que nunca pasaron por proceso alguno de reciclaje, dando como resultado un incremento de plásticos contaminantes no solo en vertederos, la mayoría son desechados al medio ambiente, en 2018 se estimó que, por año alrededor de 13 millones de estos residuos son lanzados al océano (Michelini, 2018).

Hay que tener en cuenta que no todos estos desechos son reciclables, el poder distinguir qué tipo de plástico es apto para el tratamiento de reciclaje es un proceso que en su mayoría se lo realiza de forma manual, lo que llega a ser muy largo y laborioso, pues si bien existen contenedores para separar los tipos de desechos, la mayor parte son arrojados directamente a la basura sin clasificar, con base en estos datos se identifica como problema el diseño y la construcción de una máquina de canje automático, con verificación electrónica, para botellas plásticas tipo PET de 500 ml a 1,2 L

1.3. Alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como alcance complementar el sistema de verificación que se utiliza en la industria de reverse vending, con la finalidad de que el elemento que se ingresa a la máquina sea netamente PET, realizando la recepción de tapa y botella por separado pues están compuestas de diferentes tipos de plástico, además se ejecutan comparaciones el con código de

barras de la botella de 500 ml a 1.2 L y su peso, lo que permite clasificar fácilmente el plástico PET dentro del rango de botellas permitido.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y construir una máquina de canje automático con verificación electrónica, para botellas plásticas tipo PET de 500 ml a 1.2 L

1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar los trabajos y equipos que guarden relación con la verificación de botellas plásticas tipo PET.
- Establecer el tipo de canje y los requerimientos que debe cumplir la máquina de canje automático.
- Desarrollar un diseño que cumpla con los requerimientos propuestos para la máquina de canje automático.
- Definir el hardware y software que permita cumplir con el diseño de la máquina de canje automático.
- Implementar un prototipo basado en el tipo de canje, requerimientos y diseños propuestos para la máquina de canje automático.
- Comprobar que la máquina cumpla con los requerimientos planteados al inicio de la investigación.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Introducción

El estudio de todo lo que abarca la construcción de una máquina de reverse vending para PET debe ser desarrollado para establecer un conocimiento en el funcionamiento, partes y detalles importantes que permitan crear una base sólida que permita sustentar el trabajo que se realiza para implementarlo posteriormente.

El presente capítulo muestra una recopilación teórica sobre los termoplásticos, centrándose en las botellas constituidas por PET (Polietileno Tereftalato), el consumo a nivel global como en Ecuador, sus características y los métodos utilizados para identificar dicho material, así como una breve revisión de los modelos de máquinas de canje más populares en el mercado.

Se detallan también características de software y hardware necesario para el diseño y construcción del prototipo.

2.2. Antecedentes

El uso del plástico como empaque para diversos productos, entre ellos alimentos, bebidas, cosméticos, etc.; empezó su auge en la década de los 50, desde entonces a la actualidad se estima una producción de 8.000 millones de toneladas de plástico de todo tipo (Jiménez , 2017).

En la actualidad casi todos los productos que se encuentran en el mercado (medicamentos, equipos de oficina, ropa, alimentos, libros, etc.) vienen registrados bajo un código único que permite inventariarlos, conocido como “códigos de barras”, los cuales son símbolos, formados por una serie de números y líneas oscuras con espacios claros, cada una de diferente grosor, cuyo objetivo es identificar de forma única a un objeto, este estándar es manejado a nivel mundial, siendo el más utilizado el EAN/UPC. En Ecuador estos códigos son desarrollados por el sistema GS1, misma que está basada en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-ISO /IEC 15423 la cual hace referencia a la Tecnología de la información; Técnicas automáticas de

identificación y de captura de datos; Ensayo del escáner de código de barras y funcionamiento de la decodificación (ISO/IEC 15423:2009, IDT).

Esta norma ecuatoriana es una traducción idéntica de la norma internacional ISO/IEC 15423:2009. (GS1 Ecuador, 2016); el código está formado por cuatro campos, donde se muestran el país, el fabricante, el número del artículo y un dígito verificador (Pelegri Santamaría, 2007 p. 162).

En el caso de las botellas plásticas, el tercer campo permite conocer el contenido del envase, la mayoría de las bebidas tales como, aguas, gaseosas, energizantes, etc., vienen embotelladas en envases hechos de Polietileno Tereftalato (PET), el cual es un plástico de baja densidad reciclable, que puede ser canjeado (Reciclario, 2012).

Alrededor del mundo existen empresas que se dedican a la fabricación de máquinas recicladoras de botellas plásticas, cuyo fin es el de receptar y transformar el plástico de los envases que son depositadas por los usuarios, a cambio de cada unidad se entrega un valor monetario, a este movimiento se lo denomina “reverse vending” cuyo impacto en Estados Unidos y Europa ha permitido la recuperación de entre el 80 y el 90% de los envases. Bajo el logo “ganamos reciclando”, en España en dos semanas una sola máquina logró transformar cuatro mil unidades (Ecoinventos, 2019).

En Alemania y en otros países europeos estas máquinas existen desde hace años, y han demostrado ser un excelente método para reducir la cantidad de residuos tipo PET en los basureros, a cambio de 25 céntimos de euro por ejemplar (Rueda, 2018).

En el caso de Ecuador esta tendencia es relativamente nueva, ha sido replicada e introducida en las ciudades principales del país, entre ellas Guayaquil, Quito, etc. por la marca “Tritubot”, como plan piloto por cada botella se entrega dos centavos de dólar, con el fin de ser utilizados para el pago del transporte dentro de la ciudad. En la actualidad solo dos empresas a nivel nacional cuentan con este sistema (Petroecuador y CNT) (EL UNIVERSO, 2019).

2.3. Termoplásticos





Tipo de plástico conformado por cadenas que pueden ser lineales o ramificadas, que se ablandan al ser expuestos al calor (Torres, García, 1999, p.57), es decir que, al ser sometidos a elevadas temperaturas se derriten; dicha característica le permite a este elemento adoptar cualquier forma; esta propiedad es de gran ayuda para el reciclaje, sin embargo, si el proceso se lo realiza





repetidamente sus propiedades físicas se van alterando gradualmente reduciendo su reutilización (Aragonesa de Packaging, 2013).

La temperatura de transición es una condicionante para clasificar los plásticos, si dicho elemento está por debajo del rango entra en la categoría de plástico duro, de lo contrario se lo categoriza como suave y flexible (Aragonesa de Packaging, 2013). Entre otras de sus propiedades específicas están su baja conductividad térmica que es por mucho menor a la presentada por los metales, una alta viscosidad que ocasiona una alta disipación térmica por los esfuerzos cortantes originados por el estado de fluidez del material, además de tener viscoelasticidad que es una de las características típicas de los polímeros, ya que los termoplásticos forman parte de este grupo (Torres García, 1999, pp. 58-60).

Los termoplásticos están conformados en su mayoría por petróleo crudo, carbono, oxígeno, hidrógeno, y otros elementos químicos como el azufre (S), silicio (Si), fósforo (P), Nitrógeno (N), cloro (Cl) y flúor (F); en diferente proporción dependiendo del termoplástico (Aragonesa de Packaging, 2013); se pueden clasificar de acuerdo a su estructura molecular, que influye en el proceso de fusión, solidificación, propiedades físicas y mecánicas (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007 p. 9); la muestra Tabla 2- 1 la clasificación de los termoplásticos y una breve descripción de sus propiedades y usos más comunes.

Tabla 2- 1 Clasificación de termoplásticos

SÍMBOLO	TIPO DE PLÁSTICO	PROPIEDADES	USOS COMUNES
	Polietileno Tereftalato (PET)	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto alimentario • Resistencia Física • Propiedades térmicas • Propiedades Barreras • Ligereza • Resistencia química 	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos.
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	<ul style="list-style-type: none"> • Poco flexible • Resistente a químicos • Opaco • Fácil de pigmentar, fabricar y manejar • Se suaviza a los 75°C 	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
	Policloruro de vinilo (PVC)	<ul style="list-style-type: none"> • Duro • Resistente • Puede ser claro • Utilizado con solventes • Se suaviza a los 80°C • Flexible 	Envases para plomería, tuberías, blíster packs, envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	<ul style="list-style-type: none"> • Suave • Traslúcido • Se suaviza a los 70°C • Se raya fácilmente 	Película para empaque, bolsas para basura, envases de laboratorio.

	Polipropileno (PP)	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil pero aún flexible • Se suaviza a los 140°C • Traslúcido • Soporta solventes • Versátil 	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
	Poliestireno (PS)	<ul style="list-style-type: none"> • Claro • Rígido • Opaco • Se rompe con facilidad • Se suaviza a los 95°C • Afectados por grasas y disolventes 	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases, cosméticos.
	Poliestireno Expandido (PS-E)	<ul style="list-style-type: none"> • Esponjoso • Ligerio • Absorbe energía • Mantiene Temperaturas 	Tazas para bebidas calientes, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil.
	Otros (SAN, ABS, PC, Nylon, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Incluye muchas resinas y materiales • Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos 	Auto partes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques

Fuente: Aristegui S.L., 2016, <https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/>
Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

2.4. Polietileno Tereftalato (PET)

Se define como un material de tipo lineal, el cual tiene una gran transparencia, dureza y resistencia frente al desgaste o a la presencia de productos químicos (Arteplástica, 2017). Forma parte de los materiales poliéster, por tal razón su tiempo de degradación es muy elevado en el ambiente natural (National Geographic, 2019).

Debido a la existencia de diferentes grados de PET, mismos que varían por su peso molecular y cristalinidad se dividen en grado fibra (los de menor peso molecular), grado película (mediano peso molecular) y grado ingeniería (mayor peso molecular) (QuimiNet, 2010).

2.4.1. Aplicaciones del PET

Debido a sus características, este material cuenta con una alta demanda en diferentes mercados, entre los cuales se encuentran:

a) PET en el envase y empaque

Por sus características, entre ellas la facilidad de moldear, su capacidad de adoptar cualquier tipo de color, las empresas industriales consideran a este plástico como uno de los más aptos para el desarrollo en gran medida de envases; dentro de estos mercados se encuentran las bebidas carbonatadas, agua purificada, aceites, conservas, cosméticos, productos químicos y detergentes (QuimiNet, 2010).

b) PET en el segmento electro-electrónico

En este punto el material abarca varios tipos de películas tales como las películas ultradelgadas para capacitores de 1 micrómetro hasta 0.5 milímetros que se ocupan para aislar motores (QuimiNet, 2010).

c) PET en las fibras

En el ámbito textil, las fibras de poliéster son usadas para elaborar diferentes tipos de telas y ropa, debido a la resistencia que tiene el PET se utiliza para confeccionar cuerdas, hilos de costura, refuerzo de llantas, cerdas para brochas de pintura, cepillos industriales, etc. (QuimiNet, 2010).

2.4.2. Consumo de PET a nivel mundial

Aproximadamente cada minuto se compra un millón de botellas a nivel mundial, dicha cifra incrementará en un 21% para el 2021 creando una crisis medio ambiental, pues se estima que se tiene una demanda de 20000 botellas por segundo. En 2016 se vendieron más de 480 millones de botellas plásticas alrededor del mundo mientras que hace una década se vendieron 300 millones, en este mismo año se recogió menos de la mitad de éstas y tan sólo el 7% de las mismas volvieron a usarse como botellas. Se estima que, para el 2021 se venderán cerca de 583300 millones, de acuerdo al informe global de Euromonitor internacional (Biosca, 2017).

2.4.3. Consumo de PET en Ecuador

De acuerdo a cifras extendidas por el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) en el país se fabricaron un aproximado de 4139512 toneladas al año de residuos, de este valor el 11% es plástico (El telégrafo, 2018); de los desechos generados hasta el 2017 fueron recolectadas 294000

toneladas de botellas plásticas PET, en el período de 2015 a 2017 la región costa generó 92292 unidades botellas plásticas y se ubicó como el sector que más contaminación por PET produce (Moncada, 2019)

2.4.4. Características de las botellas PET

Las empresas que realizan bebidas principalmente utilizan PET amorfo o PET cristalino debido a sus propiedades físicas que permiten crear una infinidad de formas para envasarlas (Aragonesa de Packaging, 2018), entre dichas características y aspectos se tienen las siguientes:

- Sirve como barrera para gases como CO₂, O₂, radiación UV y humedad (Aragonesa de Packaging, 2018).
- Es impermeable (Aragonesa de Packaging, 2018).
- Inerte al contenido (Aragonesa de Packaging, 2018)
- Alta dureza y rigidez que lo hace muy resistente a la mayor parte de desgastes (Aragonesa de Packaging, 2018).
- Pueden ser transparente o cristalino, lo cual permite añadir colorantes en su fabricación (Aragonesa de Packaging, 2018).
- Presenta estabilidad ante temperaturas que oscilan entre -20°C y 60°C (Aragonesa de Packaging, 2018).
- Totalmente reciclable (Aragonesa de Packaging, 2018).

2.5. Métodos para Identificar PET

Identificar el tipo de plástico resulta ser un paso fundamental previo al proceso de reciclaje, pues cada uno cuenta con características químicas diferentes y por tanto no pueden recibir el mismo tratamiento (Recytrans, 2017), en base a esto se ve la necesidad de buscar técnicas que permitan diferenciar el PET de los otros tipos de polímeros.

La clasificación se puede realizar de forma visual, con pruebas de laboratorio o automática, la última enfocada a separar objetos pequeños (Pascoe, 2000 p. 7), en todo caso lo que se busca es un procedimiento que no solo sea eficiente, si no también rápido, que se ajuste a las necesidades del proyecto.

A continuación, se muestran algunos métodos de detección, los cuales se basan tanto en la composición del plástico, sus características físicas etc.

2.5.1. Clasificadores ópticos

Este tipo de clasificadores se basan en el color del plástico y la transmisión de luz visible en determinadas longitudes de onda. Su aplicación puede ser de forma manual (ojo humano) o automática mediante sensores (Pascoe, 2000 p. 7).

2.5.1.1. Detección Manual.

En el caso del PET, el ojo humano resulta ser un seleccionador excelente ampliamente utilizado (Pascoe, 2000 p. 7), pues este material se caracteriza por ser transparente en estado puro (Arteplástica, 2017) y por permitir el paso de luz al tomar color alguno (Aragonesa de Packaging, 2018).

2.5.1.2. Detección Automática

En lo que se refiere a la separación de PET por reconocimiento de color en los últimos años se han desarrollado diferentes tipos de tecnologías, entre los que se detallan a continuación.

- *MultiSort ES*

Sistema diseñado por la empresa estadounidense National Recovery Technologies (NRT), capaz de reconocer hasta 8 colores, generalmente utilizado en bandas transportadoras para la clasificación de botellas plásticas tipo PET (Pascoe, 2000 p. 7).

- *QS18 Expert*

Diseñado por la empresa americana Banner Engineering; este sensor es ideal para ser colocado a lo largo de cintas transportadoras, cuenta con un lente coaxial el cual le permite la detección de objetos claros, opacos, translucidos y de tipo espejo, funciona bien en aplicaciones de bajo contraste, como la detección de botellas PET o envases de vidrio, debido a que ambos elementos permiten el paso del haz de luz (BANNER, 2016).

2.5.2. Código de Barras.

La codificación es manejada como un método de identificación óptica que se fundamenta en la proyección de una luz visible o invisible sobre un dibujo impreso (Muller, 2005 p. 98), el cual está

formado por símbolos, los mismos que tienen una serie de números y líneas oscuras con espacios claros, cada una de diferente grosor, cuyo objetivo es identificar de forma única a un objeto, este estándar es manejado a nivel mundial, siendo el más utilizado el EAN/UPC (Castelló, 2005 p. 7).

En Ecuador, los productos ya sean fabricados o expendidos a nivel nacional (alimentos, bebidas, ropa, etc.) cuentan con un código de barras, el cual es normalizado por la “Ecuatoriana del Código del Producto (ECOP), quien representa al GS1 AISBL, empresa líder a nivel mundial en el desarrollo e implementación de estándares y soluciones para mejorar la eficiencia de la cadena de abastecimiento y suministro en todo tipo de sector” (GS1 Ecuador, 2016).

Según el GS1 todas las bebidas embotelladas, por ser productos de peso fijo deben contar con un código de barras que permita conocer el país de origen, el fabricante y el contenido del envase (GS1 Colombia p. 37), esta información se puede utilizar para identificar la composición del contenedor, esto permite conocer la clase de plástico del que están hechas las botellas, en este caso de tipo PET (Pascoe, 2000 p. 8).

Se han desarrollado algunos tipos de códigos de barras, entre los más utilizados y comunes están los unidimensional y lineal, también se pueden encontrar los códigos bidireccionales entre los que se encuentran los de matriz de datos y los códigos de barras apiladas (Muller, 2005 p. 101); como se observa en la Figura 2- 1.

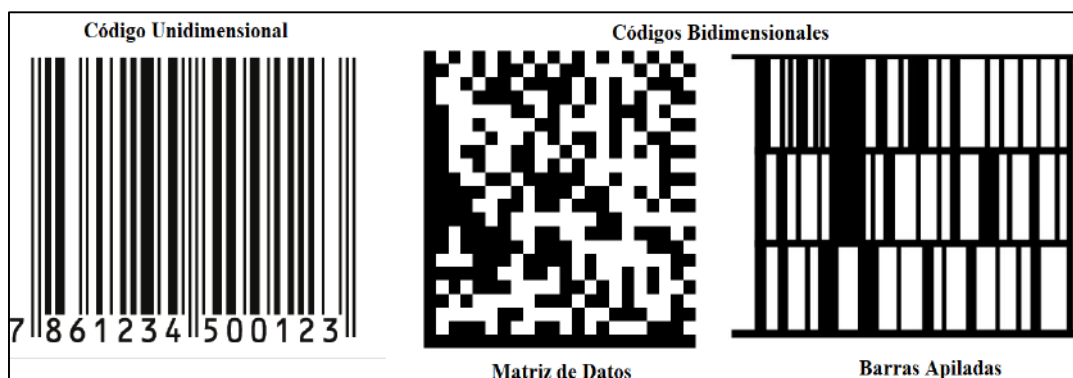


Figura 2- 1. Tipos de códigos de barras

Realizado por: Geoconda Tibán & Viviana Pino, 2020

Todos los códigos de barras pueden leerse de izquierda a derecha o de forma inversa, por lo que es muy importante que posean el área de silencio a cada lado del símbolo para que el lector de código de barras tenga un punto inicial para poder hacer cada medición (Muller, 2005 p. 102).

El área de silencio es muy importante y debe ser respetada pues cualquier impresión en esta zona puede impedir la correcta lectura del código; su tamaño puede variar dependiendo del tipo de código de barras que se trate (GS1 Colombia p. 22).

Sistema EAN/UPC

Según normativa establecida por el Sistema GS1, al cual pertenece el Ecuador y otros 145 países más a nivel mundial (GS1 Ecuador, 2016). El sistema más utilizado es el EAN/UPC (EAN International – Uniform Code Council) el cual es utilizado por las empresas que elaboran productos para ser vendidos en tiendas minoristas (GS1 Mexico); cada código de barras posee un código de país, clave de empresa, clave de producto y un dígito verificador como se observa en la Figura 2- 2.



Figura 2- 2. Estructura del código de barras según el sistema EAN/UPC

Fuente: GS1 Mexico, <https://www.gs1mexico.org/codigo-de-barras-2018>

2.5.3. Marca normalizada

Símbolo constituido por números que van del 1 al 7, encerrados por lo general en un triángulo formado por flechas, implantado por la Sociedad para la Industria del Plástico (SPI), permite identificar el tipo de termoplástico utilizado para envasar diversos productos, siendo el PET el número 1, como se muestra en la Tabla 2- 1 (Boghean, 2005 p. 1).

2.6. Máquinas de canje automático




Mejor conocidas como “máquinas de venta inversa (MVI)” o “reverse vending machine (RVM)”, se basan en el principio de venta inversa, el que a su vez se fundamenta en la logística inversa, que se define como “el proceso de planificar, implantar y controlar el flujo de productos desde el punto de consumo hasta el punto de origen de una forma eficiente, con el propósito de recuperar su valor o el de la propia devolución” (Bastos Boubeta, 2007), en base a esto se puede definir como venta inversa, al canje de envases ya utilizados, por un objeto o servicio cuyo valor sea similar a la devolución.





Mediante un sistema automático, las MVI son capaces de aceptar los envases usados de diversos productos a los que estén enfocados, ya sea plástico PET, aluminio o algún otro tipo de material reciclable (Reverse Vending, 2018), y de forma inversa a las máquinas expendedoras tradicionales devuelven al usuario un valor monetario, que puede ser tanto físico (monedas) o puntos canjeables, predefinidos en base al valor económico de la materia prima del envase (Amat, 2010, p. 6).

2.6.1. Modelos comerciales

Alrededor del mundo existen diversas empresas que se dedican al RVM, entre ellas se tiene a TOMRA, la cual cuenta con diversos modelos entre los más destacados están, la T-9 (TOMRA), la T-820 (TOMRA), o la T-705 (TOMRA), entre otras, la Tabla 2- 2 muestra algunas de las marcas más relevantes y sus características.

Tabla 2- 2 Modelos comerciales de MVI

EMPRESA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
<p>Empresa noruega, cuenta con más de 40 años dentro de la industria del RVM y presencia en más de 60 mercados, en los que se incluyen Estados Unidos, Japón, Brasil, etc.</p>	T-9	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de contención medio/alto. • Reconocimiento de 360° para botellas plásticas y cajas de cartón. • Sistema de visión como 2do método de verificación para los contenedores • Interfaz con pantalla táctil. • Canje por ticket.
		
	T-820	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de contención medio/alto. • Tecnología TOMRA SURE RETURN, basado en reconocimiento del contorno del contenedor para evitar fraudes. • Tecnología TOMRA TRUE VISION diseñado para el reconocimiento de cajas y botellas en cajas. • Canje por ticket.
		
T-705	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de contención bajo/medio. • Tecnología TOMRA SURE RETURN, basado en reconocimiento del contorno del contenedor para evitar fraudes. • Tecnología TOMRA TRUE VISION diseñado para el reconocimiento de cajas y botellas en cajas. • Canje por ticket. 	
		

<p>BIOBOX</p> <p>Empresa mexicana, con presencia en el mercado desde 2014, actualmente cuenta con aprox. 300 máquinas en ciudad de México.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • App móvil para acumular puntos • Autenticación de usuario por código QR • Recibe desechos PET, vidrio y aluminio
<p>REVERSE VENDING</p> <p>Empresa inglesa, con presencia en diversos lugares, entre ellos bancos, supermercados, universidades etc.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Depósito para botellas tipo PET. • Dirigida a supermercados • Cambio por ticket canjeable dentro del supermercado.
		<ul style="list-style-type: none"> • Depósito para botellas tipo PET y latas de aluminio. • Detección del material mediante códigos de barras. • Cambio por ticket.
<p>Tritubot</p> <p>Empresa ecuatoriana, dedicada a la recepción y trituración de envases plásticos tipo PET, en la actualidad cuenta con 38 máquinas instaladas a nivel nacional.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso por separado de botella y tapa. • Lectura manual del código de barras. • Tritura botellas ingresadas. • Cambio por dos centavos de dólar.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

2.6.2. Canje automático

Se define al canje como el intercambio de bienes o servicios entre las partes involucradas en la acción (Pérez, 2017), al decir automático, se hace referencia un movimiento espontaneo (Pérez, Julián, 2009), en el que no hay intervención humana, por tanto, se entiende por canje automático, al intercambio de bienes o servicios sin la presencia de una persona en el proceso.

2.6.2.1. Formas de canje automático

El principio de las MVI se basa en canjear un envase, ya sea PET, aluminio o vidrio, por un bien o un servicio, que incentive en los usuarios el uso de la máquina, entre estos intercambios se tiene:

- Por bienes

Se caracterizan por ser del tipo tangible, (objeto o mercancía) (Enciclopedia Económica, 2017-2019), en general las MVI realizan canjes por tickets que a su vez se pueden cambiar en caja por algún tipo de mercancía, como es el caso de las máquinas de TOMRA, en sus diversos modelos (TOMRA), o de REVERSE VENDING, cuyas maquinas se orientan más a supermercados (Reverse Vending, 2018); o por dinero en efectivo siendo un claro ejemplo la empresa Tritubot, que por cada unidad entrega dos centavos de dólar (Tritubot, 2019).

- Por servicios

Se trata de actividades u objetos intangibles, proporcionados por la máquina al cliente (Enciclopedia Económica, 2017-2019), en el caso de las MVI, en general se realizan canjes por puntos, los cuales son almacenados en medios electrónicos, un ejemplo de esto es BIOBOX, que por unidad entrega puntos para recargas de telefonía móvil, Payback y promociones en cine y restaurantes (BIOBOX, 2018)

2.7. Dispositivos electrónicos para MVI

Los dispositivos electrónicos son aquellos que están formados por varios elementos que se organizan en circuitos con el fin de controlar y aprovechar las señales eléctricas (Espinosa Becerril, 2013).

2.7.1. Sensores para MVI

Este tipo de equipos utilizan diferentes elementos para los múltiples procesos que realizan, el uso de estos dispositivos permite el control sobre los actuadores, cuya función depende del estado de los sensores.

Entre los sensores más utilizados por las grandes empresas dedicadas a la producción de MVI, se encuentra el lector de código de barras, que permite escanear el código perteneciente a un producto con el fin de obtener información detallada acerca del mismo (Innovadeluxe Diseño y Desarrollo Web S.L, 2019). En la Tabla 2- 3 se presenta la clasificación de los lectores de acuerdo con su patrón de lectura (Codigo Soporte S.A. de C.V., 2019).

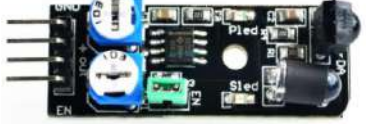

Tabla 2- 3. Tipos de lectores de códigos de barras

DETALLE	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Lector de código de barras bidireccional		<ul style="list-style-type: none">• Lee códigos de barras en una sola posición.• Denominado como “de una sola línea”.• Produce un haz de luz en una sola dirección.
Lector de código de barras omnidireccional		<ul style="list-style-type: none">• Escanea códigos desde cualquier posición.• Produce varios rayos láser en diferentes direcciones.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

En la Tabla 2- 4 se puede apreciar sensores comúnmente utilizados en la automatización de procesos y máquinas en general; exponiendo en primer plano los sensores de presencia (Ledovet, 2018), seguido por los sensores de peso (Ingeniería Mecafenix, 2017), finalmente los finales de carrera (QuimiNet, 2006), cada uno con sus respectivas características.

Tabla 2- 4. Principales sensores para automatizar procesos

DETALLE	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Sensor de presencia		<ul style="list-style-type: none"> • Actúa por infrarrojos o por ondas ultrasónicas • Detecta movimiento en un área determinada • Transmite señales de radio de alta frecuencia
Sensor de peso		<ul style="list-style-type: none"> • Transforma la fuerza, presión, tensión, peso, etc., a un cambio en la resistencia eléctrica. • Basado en efecto piezorresistivo

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

2.7.2. Actuadores para MVI


En este tipo de máquinas existen dos pasos fundamentales para su funcionamiento, el primero es la recepción y verificación del plástico, el segundo se basa en la parte del canje propiamente dicho, para hacer posible todo este proceso es necesario la utilización de diversos tipos de actuadores, que permitan cumplir con las funciones de las MVI.



2.7.2.1. Motores de Corriente Continua

Son aparatos que transforman energía eléctrica en mecánica generando un movimiento rotatorio mismo que es ampliamente utilizado diversos campos entre ellos la automatización industrial, a diferencia de los motores de corriente alterna el estator interactúa con la armadura móvil en lugar del campo rotante. (Tercesa SL, 2019)

La Tabla 2- 5 presenta los motores comúnmente utilizados en MVI, sus características (Aparicio Castillo, 2016) y modelos (SuperRobotica, 2019).

Tabla 2- 5. Principales motores para MVI, modelos y características

MODELO	CARACTERÍSTICAS
Motor C.C. 12V a 300 Revoluciones	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: 12V • Velocidad: 300 rpm • Torque Máximo: 4 kgF*cm • Consumo:<800 mA. • Diámetro del eje: 6mm
	

<p>Motorreductor Plástico 1:120 i</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: 3 a 12V DC. • Velocidad: 100 RPM • Torque: 4.5 Kg F*cm. • Consumo de corriente atrancado: 670mA. • Tamaño: (70.50 x 27.00 x 23.00) mm
<p>Micromotor</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: 3-12V dc • Medidas: 15.5MM X 19MM • Consumo de corriente: 200mA

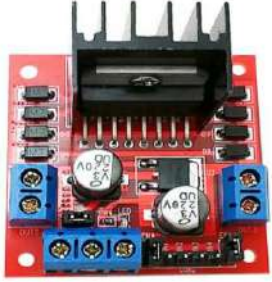
Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

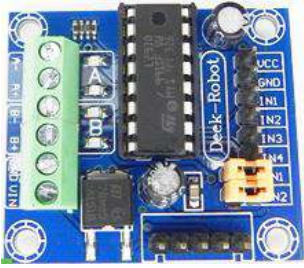

2.7.2.2. Drivers

Son dispositivos electrónicos que permiten entre varias de sus funciones la protección del motor en caso de picos de voltaje, corriente o cortocircuito; así como un manejo preciso y constante de la velocidad (RS PRO, 2018).

La Tabla 2- 6 presenta los drivers para motores DC comúnmente utilizados en MVI y sus características (ElectronicaSMD, 2018).

Tabla 2- 6. Controladores para motores de corriente continua

MODELO	CARACTERÍSTICAS
<p>L298N</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Controlador: chip de doble puente H L298N. • Pico de corriente en terminales: 2A / puente. • Señal de control de Vi: Alto 4.5-5.5V, Bajo 0V. • Consumo máximo de energía: 25W. • Temperatura de almacenamiento: -25 °C ~ 130 °C. • Tamaño del controlador: 43x43x27mm. • Peso: 30g. • Alimentación: 5 V ~ 35 V. • Consumo de corriente: 36 mA.

<p>L293D</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: 4.5v a 24v. • Consumo de corriente máximo: 600mA. • Protección sobre alta temperatura. • Control de giro para dos motores.
<p>TA8050P</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Función bidireccional para motor DC • Corriente Máxima de trabajo: 1.5A • Cuatro modos: Adelante, atrás, Alto y Freno • Voltaje máximo: 30V


Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

2.7.2.3. Periféricos de salida

Son dispositivos que le permiten al usuario conocer alguna acción que se realiza dentro de la computadora y que contiene información de utilidad la cual puede ser expresada en forma de texto, imagen o sonido (Enciclopedia de Ejemplos, 2019).

La Tabla 2- 7 presenta los dispositivos de salida utilizados con mayor frecuencia para la difusión de contenido informativo.

Tabla 2- 7. Principales periféricos de salida para computadoras

MODELO	CARACTERÍSTICAS
<p>Monitor</p> 	<p>Reproduce imagen o texto mediante una pantalla conformada por serie de puntos luminosos</p>




<p>Parlantes</p> 	<p>Reproduce cualquier tipo de archivos sonoros, entre ellos .mp3 .wav entre otros.</p>
<p>Impresora</p> 	<p>Permite la visualización de texto o imagen sobre una superficie de papel.</p>

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

2.7.3. Dispositivos de comunicación inalámbrica

La Tabla 2- 8 presenta información referente a las tecnologías comúnmente utilizadas en la comunicación inalámbrica entre dispositivos, los cuales abarcan la comunicación GSM (CCM, 2017), Wifi (InformaticaModerna, 2019) y ZigBee (Software Guru, 2013).

Tabla 2- 8. Dispositivos para comunicación inalámbrica

	MODELO	CARACTERÍSTICA
GSM		<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza la red de telefonía móvil • Rendimiento máximo de 9,6 kbps. • Transmisión de voz/datos digitales (sms). • Banda de frecuencia de 900-1.800 MHz según estándar.
Wifi		<ul style="list-style-type: none"> • Trabaja con el estándar IEEE 802.11. • Genera ondas de radio en las frecuencias 2,4 GHz y 5 GHz. • Se difunde de manera omnidireccional
ZigBee		<ul style="list-style-type: none"> • Red inalámbrica con capacidad de control y monitoreo confiable. • Bajo consumo de energía. • Basado en el estándar IEEE 802.15.04. • Opera a 2,4 GHz en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical). • Velocidad de transmisión de 250 Kbps • Rango de cobertura de (10 a 75) m

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020


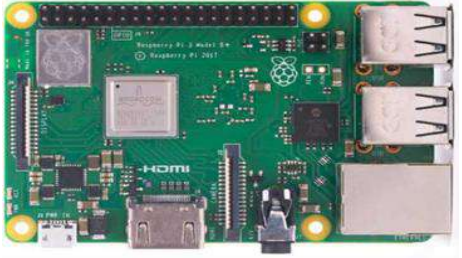

2.8. Sistemas embebidos

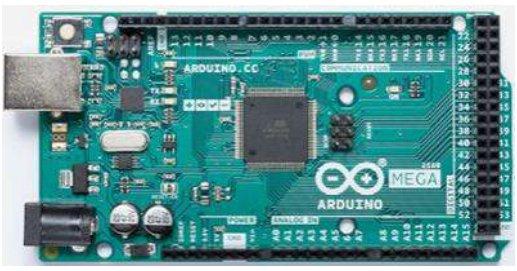
Son sistemas computacionales orientados a cumplir una o varias funciones específicas, se basan en una combinación de hardware y software, dependiendo del área de trabajo pueden contar con un microprocesador o un microcontrolador, el cual permite ejecutar programas para el desarrollo de tareas. (Roman Bueno, y otros)

2.8.1. Tarjetas de desarrollo

La Tabla 2- 9 muestra una recopilación de las principales tarjetas electrónicas disponibles en el mercado y sus características.

Tabla 2- 9. Principales tarjetas electrónicas disponibles en el mercado

	MODELOS	CARACTERÍSTICAS
Raspberry	Raspberry Pi 4	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de RAM: 1 GB, 2 GB o 4 GB. • Comunicación: Wifi, Gigabit Ethernet, Bluetooth. • Bajo consumo energético. • puertos USB 2 • puertos USB 3 • Procesador Cortex-A72
		
	Raspberry Pi 3	<ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta de red Gigabit Ethernet • 4 puertos USB 2 • Comunicación: wifi • Cabecera GPIO extendida de 40 pines • Entrada de alimentación de 5V / 2.5A DC • Procesador Cortex-A53
		
Arduino	Uno	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador basado en ATmega328P • 4 pines de entrada / salida digital. • 6 entradas analógicas • Cristal de cuarzo de 16 MHz, • Conexión USB
		

	<p>Mega</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Microcontrolador: ATmega2560. • 54 pines de entrada / salida digital • 16 entradas analógicas, • 4 UART (puertos serie de hardware) • Oscilador de cristal de 16 MHz. • Conexión USB • Conector de alimentación
--	---	---

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020


2.8.2. Software para tarjetas embebidas.



Con base en los diferentes tipos de tarjetas de desarrollo existentes en el mercado, sus características físicas y aplicaciones, cada una cuenta con un software específico como se muestra en la Tabla 2- 10.

En el caso de los sistemas basados en microprocesadores como la Raspberry Pi, se requiere la instalación de un sistema operativo siendo el sugerido por el fabricante “Raspbian” (Hassan, 2018 pp. 11-12), como toda computadora el S.O. es la base, pero es necesario de un lenguaje de programación para poder escribir los algoritmos, para este tipo de hardware raspberrypi.org recomienda el uso de Python, debido a su simplicidad y fácil manejo sintáctico (Python, 2019).

Aquellas tarjetas basadas en microcontroladores como Arduino únicamente requieren de un editor de texto y compilador, que permiten tanto escribir desde la computadora el código, así como la transferencia hacia la placa en lenguaje máquina (Arduino, 2019).

Tabla 2- 10. Software orientado a tarjetas de desarrollo

Nombre	Descripción
<p>Raspbian</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema operativo (SO) basado en Debian • Software libre proporcionado por Fundación Raspberry Pi • Cuenta con todas las utilidades básicas de un SO • Más de 35000 paquetes • Dos métodos de instalación: Entorno grafico “NOOBS” o por Consola • Lenguaje de programación: Scratch o Python

<p>Arduino IDE</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Software libre • Editor de texto y compilador • Programa y transfiere las instrucciones a la placa en su lenguaje máquina. • El lenguaje de programación utilizado es Processing. • Compatible con cualquier placa Arduino
<p>Python</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Lenguaje de programación rápido y fácil de entender • Cuenta con las estructuras de control básicas y algunas propias • Permite argumentos obligatorios y opcionales

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

2.9. Sistemas de Gestión para Bases de datos.

Una base de datos es un conjunto de información detallada y organizada de tal forma que el procesador pueda escoger de forma rápida y eficiente los fragmentos de información requerida (Masadelante,2018). Entre los más populares se encuentran MySQL (Infranetworking, 2019), SQL server (Microsoft, 2019), MARIADB (Llamas, 2019), entre otras, cuyas características se pueden observar en la Tabla 2- 11.

Tabla 2- 11. Sistemas de Gestión para bases de datos.

Sistemas de Gestión para Bases de datos	Características
MySQL	<ul style="list-style-type: none"> • Distribuido por Oracle. • Maneja buena velocidad y robustez. • Confiable y seguro. • Software de código abierto. • Maneja el lenguaje Structured Query Language. • Compatible con distintas plataformas y SO • Implementación multihilo.
SQL	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible con los servicios de Phyton y R • Incluye SSIS, Scale Out Master, Scale Out Worker y escala horizontal (PolyBase) • Distribuido por Microsoft • Extensión para programar en Visual Studio. • Soporte para todos los drivers y frameworks
MariaDB	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de gestión de bases de datos • Derivado de MySQL • Licencia GPL (General Public License) • Base de datos de la comunidad de software libre.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

2.10. Mecanismos de transmisión

Los mecanismos de transmisión son aquellos que se encargan de transmitir y transformar el movimiento de un elemento motriz que se conoce como fuerza de entrada la cual puede proceder desde un motor, a otro punto, elemento o movimiento deseado de salida que se denomina elemento conducido (Mendoza Taquire, 2017).

Cada mecanismo diseñado se realiza con el objetivo de que las velocidades de giro y los momentos de torsión implicados sean los deseados, teniendo en cuenta que existe una relación de transmisión determinada (Computecnoipermegared, 2011).

2.10.1. Engranajes y sistemas de engranajes

Los engranajes son ruedas con salientes o dientes que les permite encajar entre si y transmitir fuerza y movimiento circular de una a otra (MHeducation, 2016). Los dientes deben tener el mismo tamaño; los sistemas de engranajes están formados generalmente por dos engranajes de distinto tamaño en donde al engranaje mayor se le llama rueda y al menor piñón en donde se destacan dos tipos de sistemas (Mendoza Taquire, 2017).

- *Reductor* como se observa en la Figura 2- 3 el piñón es el engranaje motriz y su velocidad de giro es mayor que la de la rueda (Villalba, 2008).

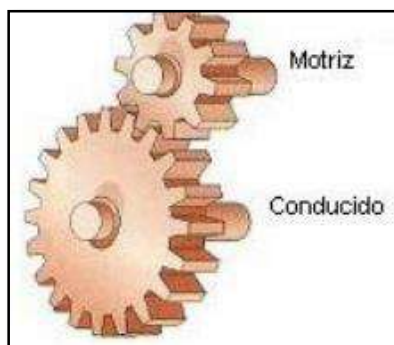


Figura 2- 3 Sistema de engranajes reductor

Fuente: Villalba, <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>

- *Multiplificador* como se muestra en la Figura 2- 4 el engranaje motriz es la rueda y la velocidad de salida (piñón) es mayor que la de entrada (Villalba, 2008).

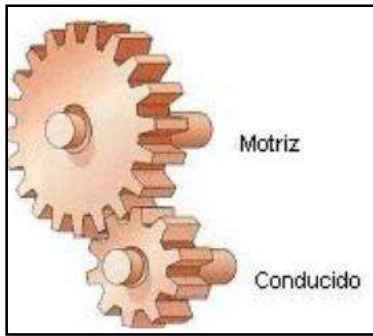


Figura 2- 4. Sistema de engranajes multiplicador

Fuente: Villalba, <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>

Como se observa en la ecuación 1 se muestra el cálculo de la velocidad de los engranajes a partir de los tamaños de estos (Villalba, 2008).

$$n_1 * Z_1 = n_2 * Z_2 \quad (1)$$

En donde:

n_1 : velocidad del engranaje de entrada

n_2 : velocidad del engranaje de salida

Z_1 : número de dientes del engranaje de entrada

Z_2 : número de dientes del engranaje de salida

Este tipo de mecanismo es utilizado en gran cantidad de máquinas pues manejan una relación de transmisión que se puede calcular mediante la ecuación 2 en la cual se puede trabajar tanto con las velocidades de entrada y salida como con el número de dientes (Villalba, 2008).

$$I = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (2)$$

Existen diferentes tipos de sistemas de engranajes los cuales se muestran en la Figura 2- 5 mismos que se utilizan en diferentes trabajos para la maquinaria.



Figura 2- 5 Tipos de sistemas de engranajes

Fuente: Mendoza Taquire, https://www.academia.edu/21768207/MECANISMOS_DE_TRANSMISI%C3%93N

2.10.2. Poleas

Una polea es un tipo de mecanismo conformado por una rueda que gira alrededor de un eje; posee un canal que permite el paso de una correa, con la finalidad de reducir el esfuerzo utilizando la mecánica, además se utilizan para cambiar la dirección de la fuerza (MHeducation, 2016). Se clasifican en:

- *Poleas fijas.* -sirven para cambiar la dirección de la fuerza, sin tener una ventaja mecánica como se observa en la ecuación 3, debido a que la fuerza y la carga poseen el mismo valor (MHeducation, 2016), lo cual se puede observar en la Figura 2- 6 continuación.

$$F = R \quad (3)$$

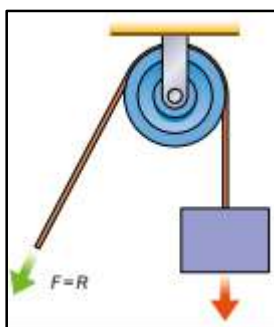


Figura 2- 6. Poleas fijas

Fuente: MHeducation, <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844861626X.pdf>

- *Poleas móviles.* -son aquellas en las cuales un extremo de la cuerda o correa se encuentra sujeto fijamente a una base, son usados para disminuir la fuerza a través de la ecuación 4 con una ventaja mecánica de 2, es decir, que la fuerza a utilizar es de la mitad de la que

originalmente se requeriría (MHeducation, 2016); cómo se puede apreciar en la Figura 2- 7.

$$F = \frac{R}{2} \quad (4)$$

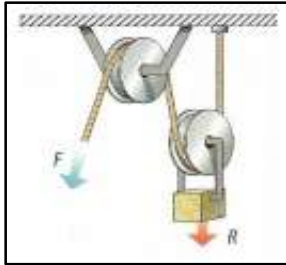


Figura 2- 7. Poleas móviles

Fuente: Villalba, <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>

- *Poleas compuestas.* -es la unión de poleas fijas y móviles se denominan también polipastos en las cuales la ventaja mecánica es igual al número de poleas total como se observa en la ecuación 5 (MHeducation, 2016); en la Figura 2- 8 se muestra los polipastos.

$$F = \frac{R}{n} \quad (5)$$

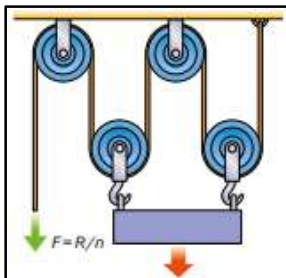


Figura 2- 8. Polipasto

Fuente: MHeducation, <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844861626X.pdf>

2.10.3. Tornillo sin fin corona

Está conformada por un tornillo y una rueda dentada que permite transmitir el movimiento circular entre dos ejes que son perpendiculares entre sí en donde el tornillo siempre es el elemento que conduce el movimiento y la corona o engranaje el conducido (MHeducation, 2016). En la Figura 2- 9 se muestra la composición de este mecanismo.

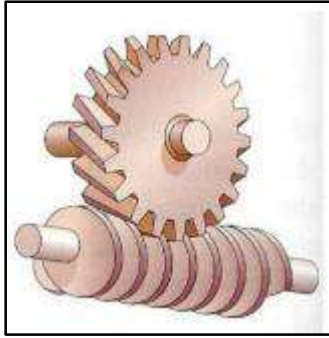


Figura 2- 9. Tornillo sin fin corona

Fuente: Villalba, <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>

Es utilizado en máquinas o partes de máquinas que requieren una gran disminución de velocidad pues, el funcionamiento de este mecanismo es que, por cada vuelta del tornillo, la corona avanza el número de entradas del tornillo sinfín (MHeducation, 2016). La relación de transmisión está basada en la ecuación 6 en donde el número de dientes que posee el engranaje será el número de veces que gire el tornillo para que la corona complete una vuelta (Villalba, 2008).

$$i = \frac{1}{Z} \quad (6)$$

2.10.4. Tornillo - tuerca

El tornillo se define como una pieza de metal que tiene forma cilíndrica que posee un roscado helicoidal que tiene una distancia entre cada hélice llamado paso, lo cual permite transmitir el movimiento con una tuerca que tenga el mismo paso; de esta forma se transforma el movimiento circular en lineal y se ocupa para multiplicar el esfuerzo en una máquina o parte como por ejemplo prensas (MHeducation, 2016). La disposición del mecanismo y su movimiento se muestra en la Figura 2- 10.

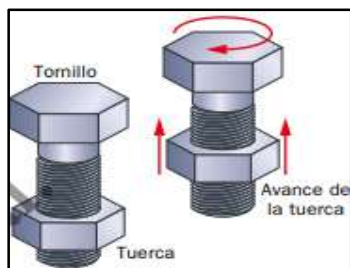


Figura 2- 10. Tornillo – tuerca

Fuente: MHeducation, <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844861626X.pdf>

En la ecuación 7 se observa la velocidad de avance del tornillo en la cual se tiene una relación entre la multiplicación del número de entradas (e), el paso de la rosca (p), la velocidad de giro (n) en rpm sobre 60 segundos (E-ducativa, 2017).

$$V_a = \frac{e * p * n}{60} \quad (7)$$

El tiempo que se demora en recorrer una distancia L está dado por la ecuación 8 (E-ducativa, 2017).

$$t = \frac{L}{V_a} \quad (8)$$

2.10.5. Piñón - cremallera

El mecanismo que se observa en la Figura 2- 11, está conformado por un engranaje denominado piñón, el cual se ajusta a una barra llamada cremallera que posee dientes que tienen el mismo paso del anteriormente mencionado. La transmisión de movimiento consiste en el giro del piñón y el desplazamiento lineal de la cremallera, este método se usa en el sistema de dirección de un automóvil (MHeducation, 2016).

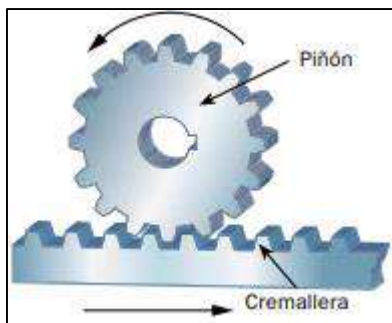


Figura 2- 11. Piñón - cremallera

Fuente: MHeducation, <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844861626X.pdf>

El avance del piñón es la distancia que recorre la cremallera en una vuelta completa, está dado por la ecuación 9 en donde p es el paso de los dientes del piñón en metros y Z es el número de dientes que posee el piñón (Junta de Andalucía, 2017).

$$A = p * Z \quad (9)$$

Para conocer la velocidad de avance de la cremallera se utiliza la ecuación 10 en la cual n representa la velocidad de giro del piñón y el resultado se encuentra expresado en m/s, razón por la cual se realiza la conversión de minutos a segundos dividiendo para 60 (Junta de Andalucía,

2017).

$$V_a = \frac{A * n}{60} \quad (10)$$

El movimiento que realiza el piñón sobre la cremallera es uniforme por lo que para calcular el tiempo que tarda en recorrer la cremallera se recurre a la ecuación 8, teniendo en cuenta que L es la longitud que debe avanzar el piñón (Junta de Andalucía, 2017).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El diseño metodológico concerniente al desarrollo de esta investigación se basa en el método el heurístico ya que este se enfoca en la solución del problema mediante la observación y descomposición del mismo en sus elementos principales (Bransford, y otros, 1984) por lo tanto se aplica a la etapa de selección diseño e implementación del prototipo; en la calibración de los sensores se utiliza la investigación cuantitativa y para la comprobación del funcionamiento se aplica la investigación experimental esto se debe a que la manipulación de las variables en este caso la entrega de canje en función al cumplimiento de los requerimientos se encuentran en un ambiente controlado, en la Figura 3- 1 se muestra las etapas seguidas para el desarrollo del prototipo.

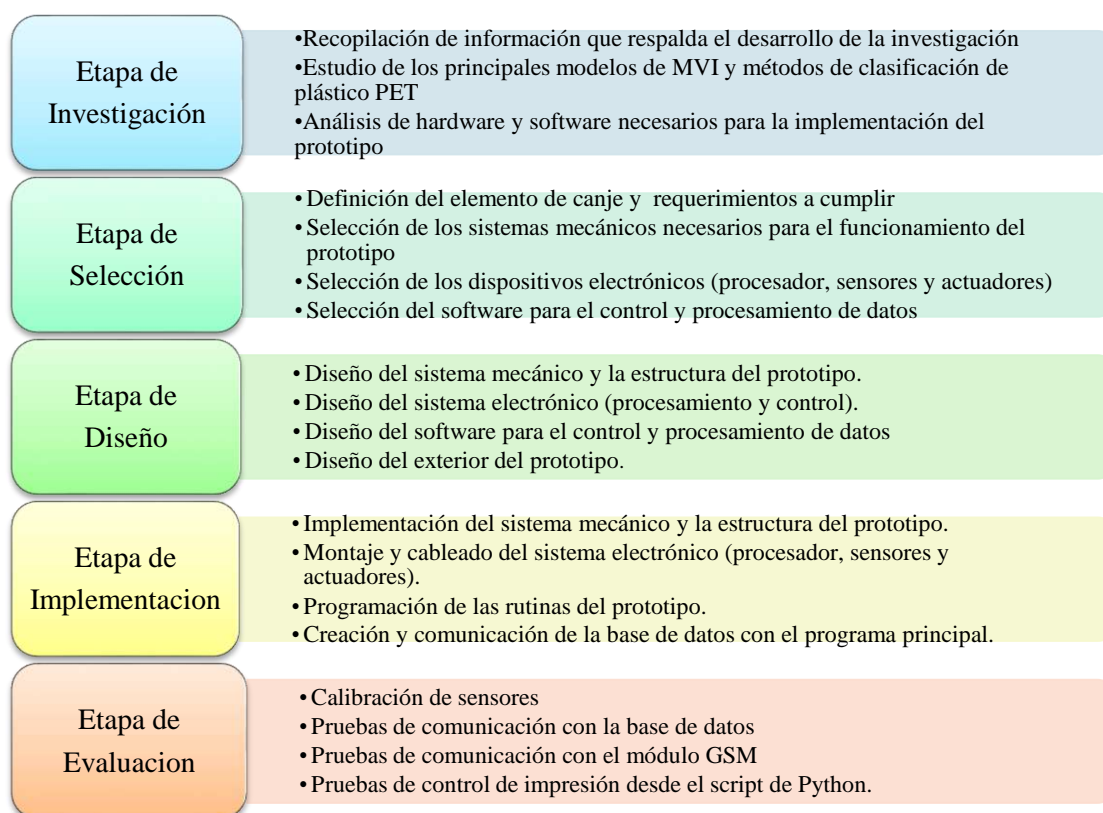


Figura 3- 1. Etapas para el desarrollo del prototipo.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.1. Definición del elemento de canje

Al tratarse de un intercambio con el usuario, las áreas de aplicación del proyecto son muy amplias, por esta razón es necesario determinar el público objetivo, del cual depende la elección del canje que mejor se ajuste a las necesidades de dicha población.

Para este estudio se selecciona como público objetivo la población estudiantil de la Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales (EIR-CRI) que consta de 163 miembros, para determinar el tamaño de la muestra a la cual aplicar la encuesta se utiliza el modelo de distribución normal como se muestra en la Ecuación (7), esto debido a que se conoce el tamaño de la población (psyma, 2019).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (7)$$

Donde:

N= tamaño de la población

Z = variable aleatoria en determinada en función al nivel de confianza.

d = error esperado en la muestra.

p = variabilidad positiva o probabilidad de éxito.

q = variabilidad negativa.

Nota: estas dos variables son complementarias, es decir que su adición da como resultado la unidad, para este análisis se define una probabilidad de éxito del 90% o 0.9, por tanto, la variabilidad negativa resulta de 0.1.

El nivel de confianza representa un porcentaje de seguridad sobre los datos obtenidos en la investigación (Bustamante., 2011), en este caso se toma un valor del 90% cuya variable aleatoria equivale a 1.65, como se muestra en la Tabla 3- 1

Tabla 3- 1. Nivel de confianza

Nivel de confianza [%]	99	98	95	90	80
Z	2.58	2.33	1.96	1.65	1.28

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

El error esperado para esta muestra se estableció en un 6%, lo que implica que $d = 0.06$, en base a estos datos se tiene la siguiente ecuación:

$$n = \frac{163 * 1.65^2 * 0.9 * 0.1}{0.06^2 * (163 - 1) + 1.65^2 * 0.9 * 0.1}$$

Dando como resultado un total de 48 miembros del total de la población a los que se les aplica la encuesta, misma que consta de una sola pregunta como se muestra en el ANEXO A.

Una vez aplicada la encuesta, y de acuerdo con los datos obtenidos se determinó que el elemento de canje con mayor aceptación es el tipo B “Hoja de papel a cuadros perforada” como se muestra en la Tabla 3- 2.

Tabla 3- 2. Resultados de la encuesta para elección de canje

Tipo	Elemento para canje	Resultados
A	Hoja de papel bond	6
B	Hoja de papel a cuadros perforada	25
C	Caramelo	10
D	Galleta para perro	7
Total		48

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

El Gráfico 3- 1 muestra el porcentaje de estudiantes que prefirieron el elemento de canje tipo B, con un 52% lo que representa a 20 personas del total de 48 encuestados.

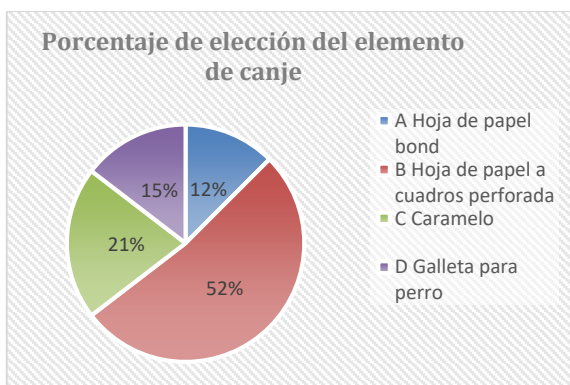


Gráfico 3- 1. Resultados de la encuesta para elección del elemento de canje

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.2. Requerimientos de la máquina de canje automático

En este apartado se detallan los requerimientos para la correcta operación de la máquina de canje automático con verificación electrónica, para botellas plásticas tipo PET de 500 ml a 1.2 L, llamada como “Automatic Bottle Interchange” a la cual se referirá desde este punto como (ABI) por sus siglas en inglés.

- Ingreso de la botella:

Cada botella debe ingresar de forma individual y debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Etiqueta con código de barras legible.
- Sin líquidos en el interior.
- Sin tapa.
- Debe estar en un rango de 500 ml a 1.2L.

Para el correcto funcionamiento de ABI se deben cumplir los siguientes requerimientos:

- La activación se realiza mediante un botón de “inicio”.
- El usuario debe colocar el código de barras de la botella frente al lector.
- La botella y tapa deben ingresar por separado.
- La botella debe colocarse en forma vertical sobre la base de la ranura.

De no cumplirse con los parámetros pre-establecidos, no se procederá al canje y se expulsará el plástico.

- Operación de ABI:

Una vez cumplidos los requisitos de ingreso de la botella, el sistema debe ser capaz de:

- Verificar el plástico de las botellas, de tal forma que solo se permita el ingreso al contenedor de plástico tipo PET.
- Determinar si la botella no contiene líquidos o elementos que dañen los mecanismos internos de ABI.
- Comprobar que no ingresen botellas con tapa al contenedor, para evitar que se mezclen dos tipos de plástico diferentes.

- Informar del estado del contenedor tanto de botellas como de tapas, así como también del elemento de canje antes del ingreso de la botella.
- Ingresar la botella al contenedor de forma automática, tomando en cuenta los parámetros anteriores, caso contrario se expulsará fuera de la ranura.
- Entregar el canje de forma automática al usuario, una por cada botella ingresada correctamente.

3.3. Arquitectura general de ABI

ABI utiliza diferentes sensores y actuadores que trabajan en conjunto con el fin de lograr un correcto funcionamiento de la máquina, misma que se subdividió en siete módulos que se ejecutan en una secuencia específica como se observa en la Figura 3- 2.

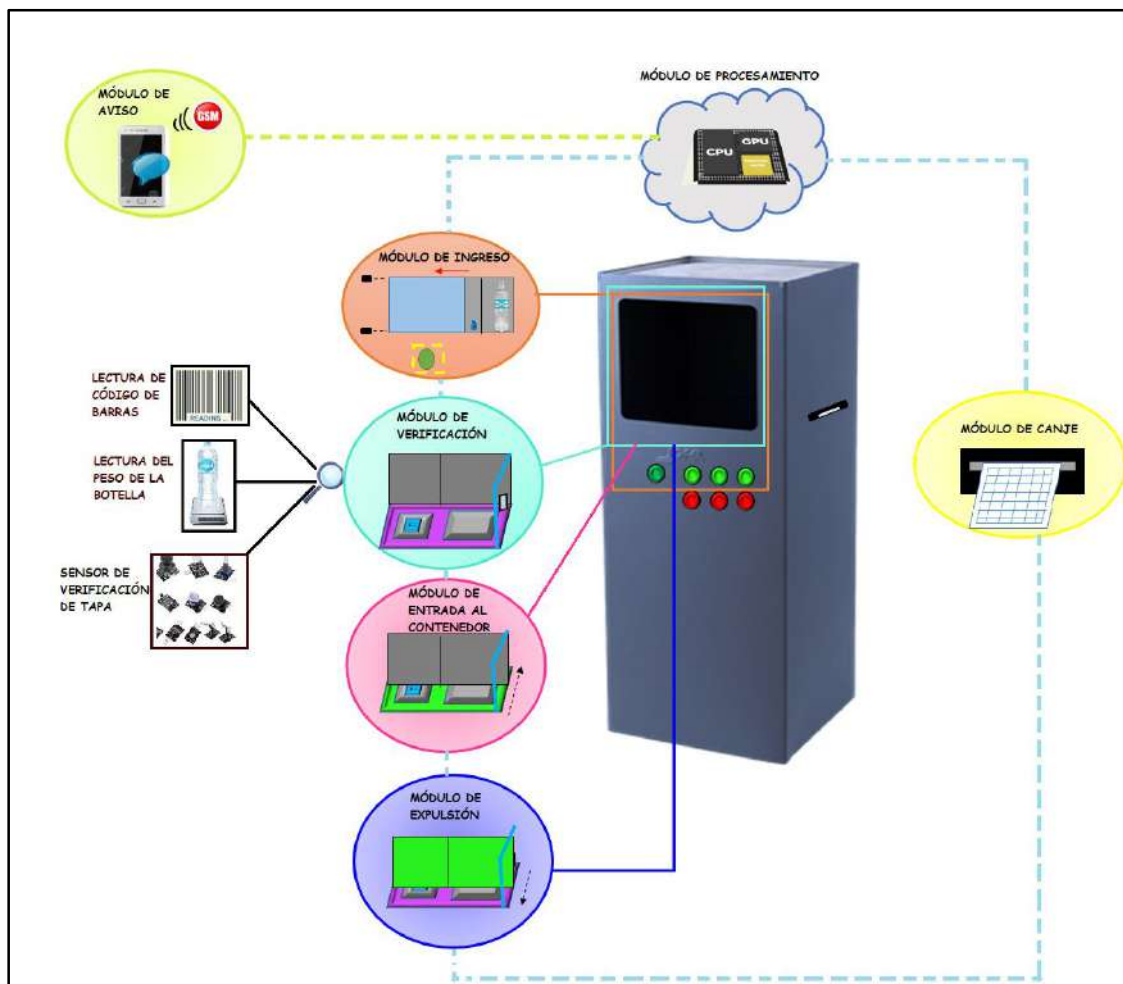


Figura 3- 2. Arquitectura general de ABI

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.4. Diseño modular de ABI

Consiste en el diseño de cada uno de los bloques que contiene ABI, en cada uno se define su función específica dentro de la máquina, mediante el uso de diagramas de flujo que faciliten la comprensión de su aporte para ABI.

3.4.1. Módulo de procesamiento y módulo de aviso

El primer módulo se activa con el botón de inicio en donde se procede a realizar la comparación del estado de los contenedores de botellas, tapas y elemento de canje; en el caso de que alguno de los dos primeros se encuentre lleno o el último se encuentre vacío, no se activa la compuerta del módulo de ingreso y se dará paso al módulo de aviso el cual procederá a enviar un mensaje de texto al personal de mantenimiento, indicando la acción que deberá realizar con respecto a los contenedores. Si los contenedores están en condiciones de seguir operando se da paso al módulo de ingreso; en la Gráfico 3- 2 se aprecia el diagrama de flujo de esta parte del proceso.

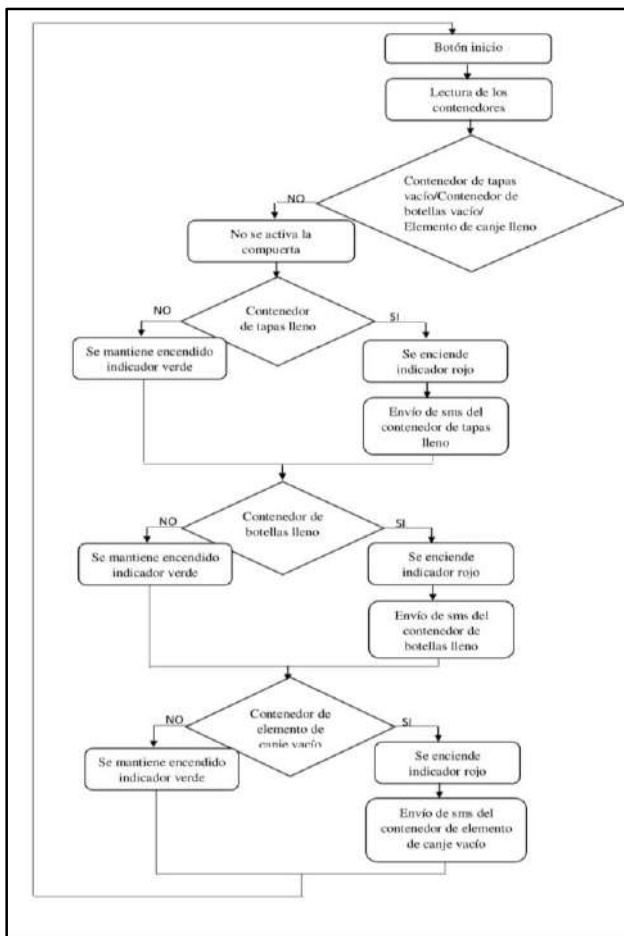


Gráfico 3- 2. Diagrama de flujo de los módulos procesamiento y aviso

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.4.2. Módulo de ingreso y módulo de verificación

El módulo de ingreso se ejecuta al recibir la señal que indica que los contenedores pueden operar, se abre la compuerta para receptor la botella plástica con su respectiva tapa, utilizando dos compartimentos diferentes para cada una, pues están formadas por distintos tipos de plástico; para el ingreso se activa un audio que le indica al usuario el ingreso de la tapa, a partir del cual se da paso a la verificación de la tapa. Al no detectar la presencia de la tapa se activa el cierre de la compuerta.

Si la tapa es detectada se reproduce un audio indicando la lectura del código de barras por parte del usuario, en caso de que el código leído no se encuentre dentro de los envases permitidos por ABI, la máquina emite una alerta de audio y cierra la compuerta mostrando que está lista para realizar un proceso nuevo.

Si la lectura de la etiqueta coincide con la base de datos se procede a la introducción de la botella en su respectiva ranura donde se analiza su peso a través de una galga, este valor numérico se compara con los datos almacenados, esto permite saber si la botella está vacía y sin tapa, si los valores son correctos se reproduce un audio en conjunto con el movimiento final del módulo de ingreso procediendo a cerrar la compuerta y se da paso al módulo de entrada con el módulo de canje, como se observa en el diagrama de flujo de la Gráfico 3- 3.

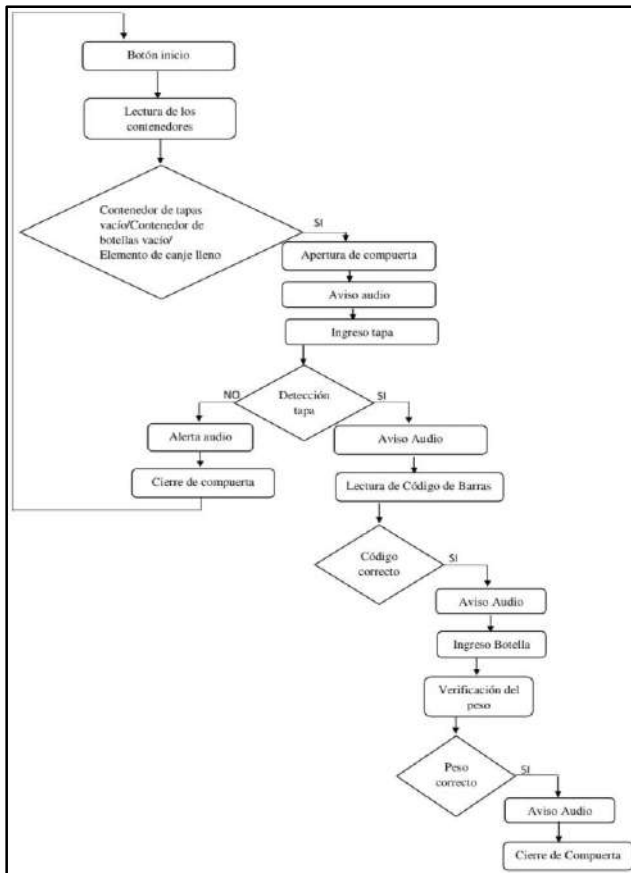


Gráfico 3- 3. Diagrama de flujo de los módulos de ingreso y de verificación

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.4.3. Módulo de entrada a contenedor y módulo de canje

Estos dos módulos se ejecutan de forma sistemática pues, cuando el análisis de los requerimientos es positivo, el motor de entrada al contenedor realiza la apertura de la base para que caiga la botella y la tapa en su respectivo recipiente de almacenamiento a través del desplazamiento de la base hacia atrás, mientras se realiza este proceso se activa el módulo de canje, que entrega una hoja de papel perforado a cuadros a través de una ranura; una vez que los elementos ubicados para el canje caen, se ejecuta el retorno de la base, para poder realizar un nuevo trabajo como se muestra en la Gráfico 3- 4.

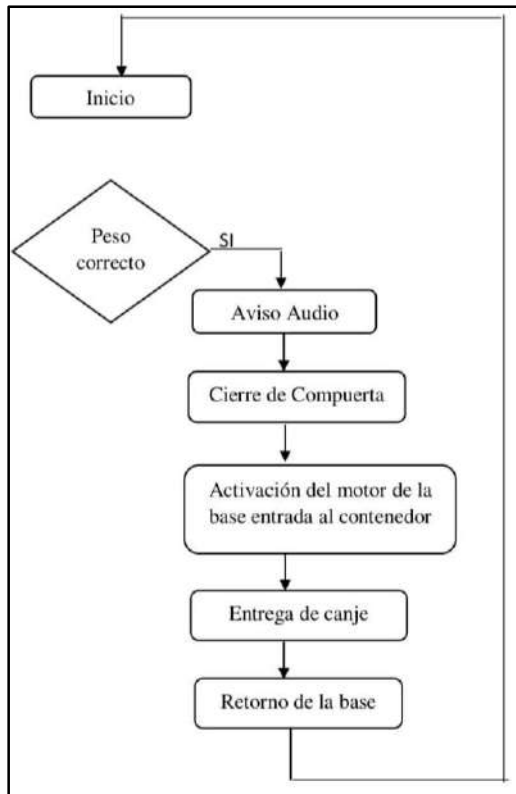


Gráfico 3- 4. Diagrama de flujo del módulo de entrada al contenedor y módulo de canje

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.4.4. Módulo de expulsión

El módulo de expulsión se activa cuando cualesquiera de los parámetros no son cumplidos, procediendo a activar el motor de la barra de expulsión haciendo que salga la botella y tapa de las ranuras, una vez terminado este proceso se retorna la barra y se cierra la compuerta. La máquina se reinicia y el proceso puede volver a ejecutarse como se muestra en la Gráfico 3- 5.

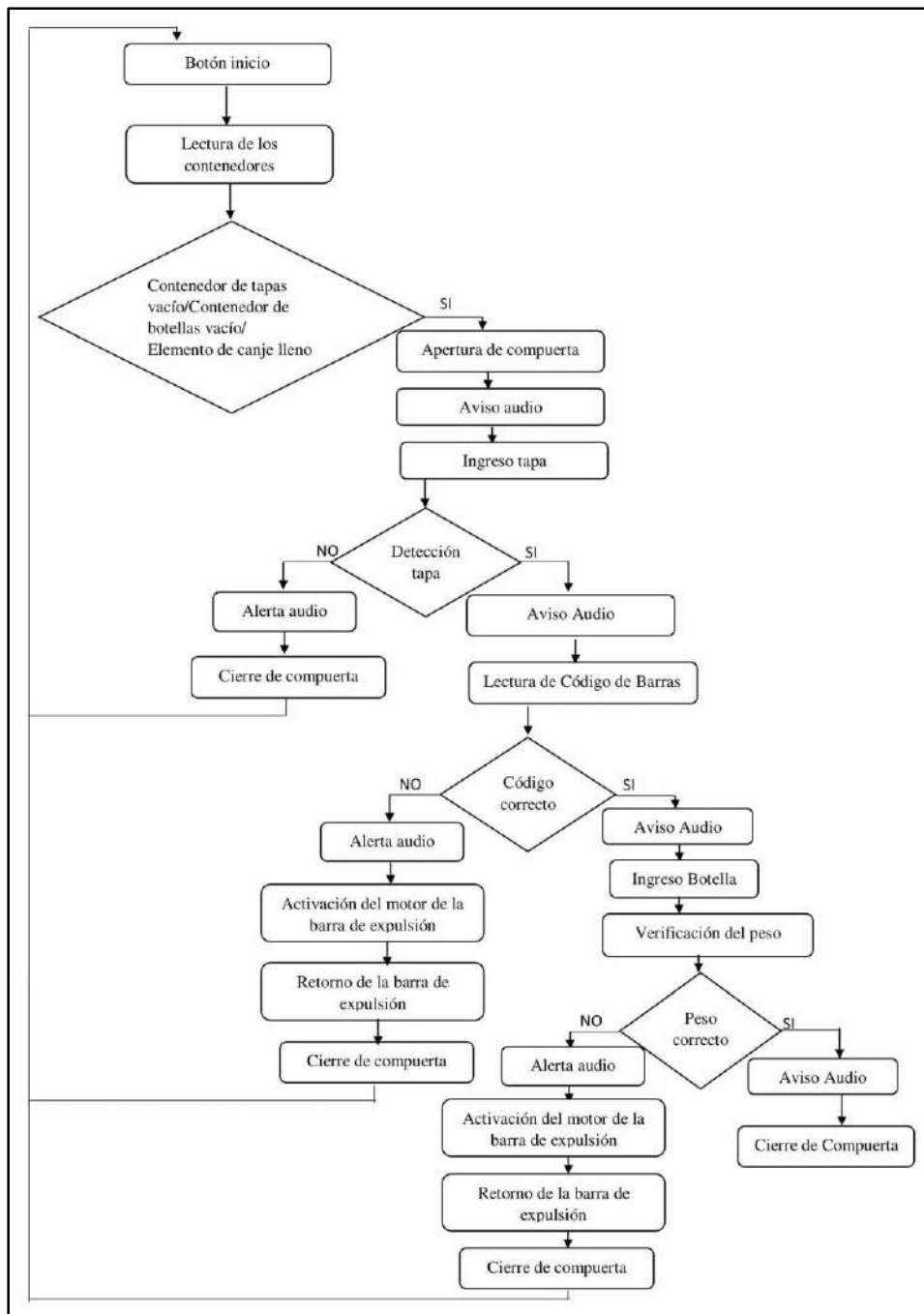


Gráfico 3- 5. Diagrama de flujo módulo de expulsión

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020



3.5. Diseño Electrónico de ABI




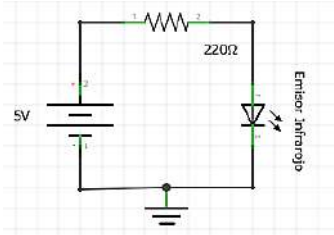
Este apartado describe los elementos electrónicos que conforman el sistema de ABI, sus principales características, los terminales de conexión, así como el diagrama y la descripción del circuito electrónico del sistema.

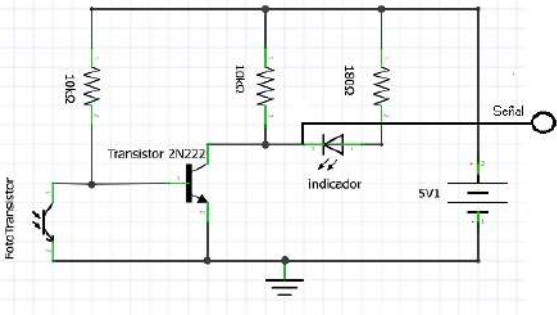



3.5.1. Elección de los componentes electrónicos





La Tabla 3- 3 muestra los dispositivos electrónicos seleccionados para el desarrollo del prototipo ABI, una breve descripción de sus características tanto físicas de operación y la justificación de la elección de cada uno de los componentes.


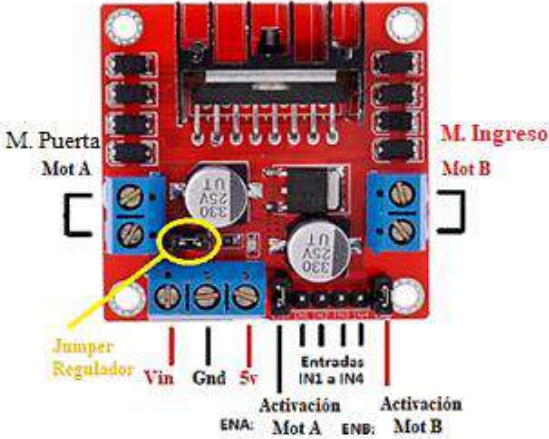
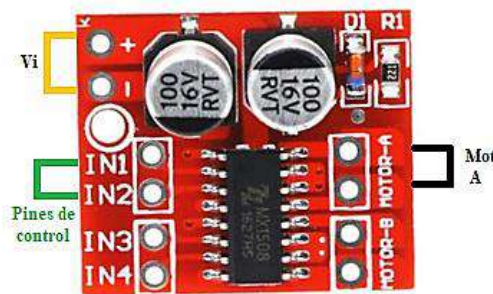
Tabla 3- 3. Descripción de los dispositivos electrónicos empleados en el diseño de ABI

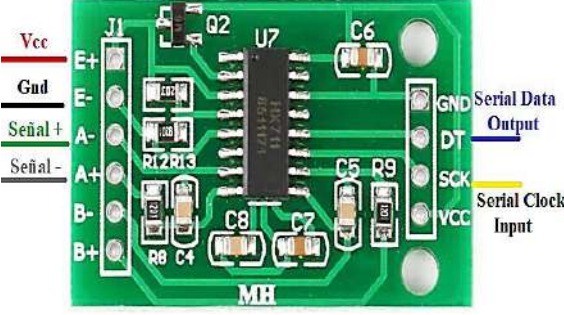
Nombre	Descripción
<p data-bbox="276 584 857 613">Procesamiento:</p> <p data-bbox="276 613 857 642">Raspberry Pi 4</p> 	<p data-bbox="879 624 1380 790">Debido a las múltiples tareas que debe cumplir ABI, a su interfaz compatible con la impresora y el lector de código de barras, la velocidad de procesamiento superior a sus antecesoras, y demás prestaciones se elige este modelo en particular, cuyas características se describen a continuación:</p> <ul data-bbox="879 831 1380 1182" style="list-style-type: none"> • Capacidad de RAM: 2 GB. • Comunicación: Wifi, Gigabit Ethernet, Bluetooth. • Consumo de corriente: 350 mA • 2 puertos USB 2.0 • 2 puertos USB 3.0 • Procesador Cortex-A72 a 1.5Ghz • 2 puertos microHDMI • 40 pines GPIO • Alimentación USB-C de 5V y 3A • Ranura para tarjeta de Memoria • Plug de audio
<p data-bbox="276 1346 857 1375">Sensores y Transductores:</p> <p data-bbox="276 1375 857 1404">Lector de código de barras Omnidireccional HS-2001B</p> 	<p data-bbox="879 1400 1380 1568">La lectura del código de barras es fundamental para determinar el tipo de plástico, adicional a esto el lector debe ser capaz de leer el código sin importar la posición en la que este se encuentre (omnidireccional), por tal razón se escoge este modelo en base a sus prestaciones:</p> <ul data-bbox="879 1597 1380 1939" style="list-style-type: none"> • Rango de lectura: Código QR: 0 – 15cm Código de Barras: 0 – 12cm • Intensidad de luz ambiental: 0-100000 Lux • Sensor de imagen: 640*480 CMOS • Alimentación: USB 5V • Consumo de Corriente de Operación: 150mA • Interfaz USB • Dimensiones: 102*82*73 (L*W*H) • Consumo Máximo de Corriente: 200mA • Bit tasa de error, los productos han pasado prueba de 5 millones de veces sin error.

<p>Celda de carga 500g</p> 	<p>Mediante la lectura del peso de la botella se puede determinar si esta cumple con los requisitos para el ingreso al contenedor, así el sistema reconoce si una botella contiene líquidos o si ha sido separada de su tapa.</p> <p>Se debe tener en cuenta que el peso a medir es muy pequeño en base a esto se opta por esta celda de carga, misma que se obtuvo de una balanza gramera, cuya capacidad máxima de medida es de 500g.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso máximo: 500g • Presición: 0.1g • 4 hilos • Una galga interna. • Medidor de Resistencia desconocida: puente Wheatstone <p>Nota: al deformarse el medidor de deformación la resistencia eléctrica cambia en proporción a la carga.</p>
<p>LJC30A3-H-Z/BX</p> 	<p>Este sensor permite identificar diferentes tipos de materiales entre ellos el plástico, por tal razón al regular su sensibilidad de trabajo se hace posible detectar la tapa de plástico.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: NPN normalmente abierto • Corriente de trabajo: 20mA • Voltaje de Operación: 6 - 36V DC • Precisión de repetición: 2%
<p>KY-032</p> 	<p>Este sensor infrarrojo encuentra obstáculos en base a la captación de luz exterior, por tal razón al regular su rango de trabajo se hace posible detectar la presencia del elemento de canje (papel).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rango de trabajo: 2 a 40 cm. • Alimentación: 3.3 a 5 v. • Consumo de corriente: 20 mA
<p>Circuito Emisor</p> 	<p>Este circuito es una alarma para los contenedores de tapas y de botellas, mientras la señal infrarroja no sea interrumpida los contenedores se encuentran activos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distancia máxima: 60cm • Alimentación: 5v • Consumo de corriente: 20mA

<p>Circuito Receptor</p> 	<p>El circuito receptor se mantiene en bajo hasta que la señal infrarroja captada mediante un fotoresistor es interrumpida, al provocarse este suceso se cambia de estado y se enciende un indicador, este pulso lo recibe el módulo de procesamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: 3.3v • Consumo de corriente: 20mA aprox.
<p>Comunicación: Módulo SIM800 GSM/GPRS</p> 	<p>Para poder informar el estado de los contenedores y del elemento de canje se elige enviar un mensaje de texto al encargado de la máquina como forma de aviso, para lo cual se utiliza este módulo, cuyas características se muestran a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo cuatribanda GSM de: 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz • Potencia de transmisión: 2W 850 / 900 MHz • Control mediante comandos AT • Temperatura de operación -40 °C a 85 °C • Alimentación: 5v • Bajo consumo de corriente: 15 mA
<p>Actuadores Motor de engranaje de 25GA-370 12V / 100RPM DC</p> 	<p>Para accionar el mecanismo del módulo de ingreso se requiere un motor que sea capaz de mover una lámina de acrílico de 57*32 cm una distancia de 57cm</p> <ul style="list-style-type: none"> • Par: 5 N * cm • RPM: 100 RPM • Diámetro: 25mm • Longitud: 72mm • Diámetro del eje: 4 mm • Alimentación: 5 a 12V • Bajo consumo de corriente:
<p>Motorreductor DC con caja reductora 1:48</p> 	<p>Para accionar el mecanismo de la entrada al contenedor se requiere un motor que sea capaz de mover una masa de aprox. 800g una distancia de 40 cm y que a su vez permita un movimiento ágil</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caja reductora plástica: 1:48 • Velocidad: 120 rpm • Torque máximo: 2 kg/cm • Alimentación: 3v-12v • Consumo de corriente: 80-100 mA

<p>Mini Motor 3-12V</p> 	<p>Para accionar el mecanismo de expulsión se requiere un motor que sea capaz de mover una masa máxima de 200g una distancia de 120 mm y que a su vez permita un movimiento ágil.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad: 3.3v=100rpm • Medidas: 15.5mm X 19mm • Alimentación: 3-12V • Consumo de corriente: 200mA
<p>Impresora HP DeskJet Ink Advantage 3789</p> 	<p>Para realizar la entrega del canje se elige este modelo de impresora hp en parte por su tamaño compacto y su facilidad de configuración gracias al paquete “hplip” diseñado para sistemas Linux compatibles con modelos de la marca hp.</p>
<p>Parlante</p> 	<p>Para que la comunicación con el usuario sea más amigable y le permita comprender de mejor forma el funcionamiento de la máquina se decide optar por la reproducción de audios.</p>
<p>Fuente de alimentación</p>	
<p>Fuente de PC AT</p> 	<p>Se escoge este tipo de fuente para la alimentación de ABI por dos razones, primero, su capacidad de transformar corriente alterna en directa y proporcionar diferentes valores de voltaje y corriente aptos para el funcionamiento de diversos circuitos y componentes electrónicos, los cuales varían entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tomate: 3.3v • Rojo: 5v • Amarillo: 12v • Azul: -12v • Blanco: -5v • Negro: tierra <p>En segundo lugar, la fuente cuenta con un sistema protección contra picos de voltaje, corriente y cortocircuito, en caso de presentarse algún problema de este tipo la fuente se bloquea protegiendo así la integridad del sistema.</p>

<p>Fuente de Alimentación Oficial Raspberry Pi 4 (USB-C)</p> 	<p>Este modelo en específico de Raspberry requiere una fuente cuya salida de voltaje sea de 5v a 3A que le permita trabajar a su frecuencia nominal para no presentar ralentizaciones en los procesos a cumplir (SANDOROBOTICS, 2019) . Además, es importante que dicha fuente sea capaz de proteger al procesador en caso calentamiento, cortocircuitos y sobrecorriente; según estas razones se opta por elegir el cargador propio de Raspberry recomendado por la fundación del mismo nombre.</p>
<p>Drivers y módulos Puente H L298N</p> 	<p>La elección de este puente H se la realiza debido a su doble canal, ideal para el control de los motores de los módulos 1 y 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlador: chip de doble puente H L298N. • Pico de corriente en terminales I/o: 2A / puente • Señal de control de Vi: Alto 4.5-5.5V, Bajo 0V. • Consumo máximo de energía: 25W • Temperatura de almacenamiento: -25 °C ~ 130 °C • Tamaño del controlador: 43x43x27mm • Peso: 30g • Alimentación: 5 V ~ 35 V • Consumo de corriente: 36 mA
<p>Puente H L298N mini</p> 	<p>Para el control del motor del módulo de expulsión se opta por utilizar este tipo de puente h en base a sus características tanto físicas como eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alimentación: 2 a 9.6 V • Corriente DC por canal: 1.5 A. • Corriente pico máxima: 2.0 A. • Protección contra sobre carga térmica • Dimensiones: 21 x 25 x 1.5 mm • Peso: 5 gr

<p>Transmisor de celda de carga HX711</p> 	<p>Para acondicionar la señal proveniente de la celda de carga se ocupa el siguiente modulo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Este amplificador permite la lectura del puente Wheatstone. • Comunicación con el microcontrolador de forma serial, dos pines (DT, SCK). • Voltaje de Operación: 5V DC • Consumo de corriente: menor a 10mA • Resolución conversión A/D: 24 bit • Frecuencia de lectura: 80 Hz • Dimensiones: 38mm*21mm*10mm <p>Nota: conexión con la celda de carga en función a los colores de la imagen.</p>
<p>Varios Resistencias Transistor N222 Borneras Indicadores verdes y rojos Botón</p>	

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.5.2. Esquema general de conexiones

En la Figura 3- 3 se muestra el esquema de conexión electrónica de ABI, donde el ordenador Raspberry Pi 4 se encarga de realizar todo el procesamiento y control de sensores y actuadores; el proceso comienza al accionar el botón de inicio que está conectado al GPIO 9, mediante los puertos USB se comunican el lector de códigos de barra cuya función es leer la etiqueta de la botella y la impresora HP DeskJet Ink Advantage 3789 la cual realiza la entrega del canje (papel), para la detección de la tapa y del papel en la bandeja de la impresora se utiliza dos sensores infrarrojos KY032 conectados a los GPIO 10 y 2 respectivamente, el transmisor de celda de carga HX711 permite la comunicación entre la galga y el procesador consta de cuatro terminales, dos de los cuales DT y SCK se conectan a los GPIO 5 y 6; los circuitos de nivel de los contenedores de tapas y botellas emiten una señal a los GPIO 18 en el caso de las tapas y al GPIO 25 para las botellas e indican si hay espacio para la recepción de dichos elementos.

La comunicación con el encargado de mantenimiento se realiza mediante mensaje de texto para lo cual se requiere del módulo SIM900 GSM/GPRS que se conecta mediante los terminales Rx y Tx pertenecientes a los GPIO 10 y 15; la salida de audio del ordenador permite la conexión vía cable al parlante, el cual reproduce una serie de audios que guían al usuario durante el proceso de canje automático; por último la activación de los motores se realiza mediante el uso de dos drivers, el puente H L298N que controla el motor de la puerta mediante los pines ENA que admite la creación de un objeto PWM permitiendo calibrar la velocidad de giro del motor,

el IN1 e IN2 cuya función es el control del sentido de giro, conectados a los GPIO 8, 12 y 16 respectivamente, mientras que el motor de ingreso al contenedor es activado con los pines ENB, IN3 e IN4 que se conectan a los GPIO 7, 20 y 21; el driver del módulo de expulsión es una versión más pequeña del L298N trabaja de la misma forma pero utiliza solo dos pines para el control de giro los cuales se conectan a los GPIO 23 y 24.

La alimentación de todo el sistema se realiza mediante una AT la cual proporciona valores de 5v y 12v, para evitar daños en el ordenador se toma como medida de protección regular todos los voltajes a 3.3v.

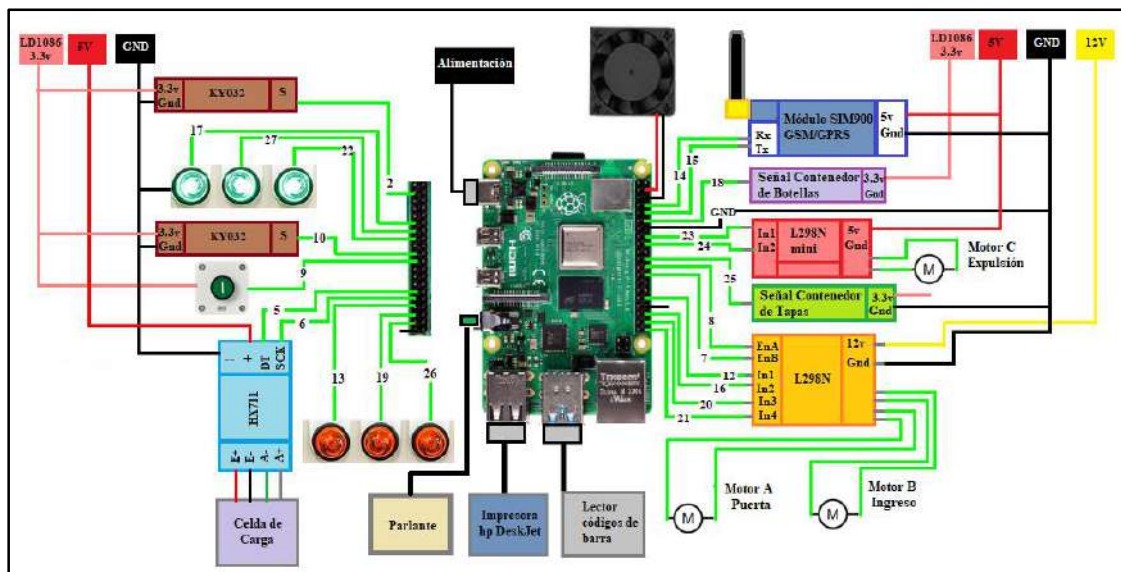


Figura 3- 3. Esquema de conexión electrónica de ABI

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.5.2.1. Terminales de conexión

La Tabla 3- 4 muestran los terminales de conexión para sensores, actuadores e indicadores que conforman el prototipo de ABI

Tabla 3- 4. Terminales de conexión de ABI

Dispositivos	Raspberry terminales GPIO
Detector de tapas LJC30A3-H-Z/BX	10
Detector de papel KY032	2
Alarma de contenedor de tapas	25
Alarma de contenedor de botellas	18
Lector de código de barras	USB 3.0
Transmisor de celda de carga HX711	DT: 5 SCK: 6
Botón	9

Impresora HP DeskJet Ink Advantage 3789	USB 3.0
Parlante	Jack de audio
Puente H L298N	ENA: 8 IN1: 12 IN2: 16 ENB: 7 IN3: 20 IN4: 21
Mini puente H L298N	IN1: 23 IN2: 24
Luz Verde tapas	17
Luz Verde botellas	27
Luz Verde canje	22
Luz Roja tapas	13
Luz roja botellas	19
Luz roja canje	26
Módulo SIM900 GSM/GPRS	Rx: 10 Tx: 15
Fuente de Alimentación Oficial Raspberry Pi 4	USB tipo C

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.5.2.2. Consumo eléctrico

Para determinar el consumo eléctrico de ABI se hace uso de la pinza amperimétrica que permite medir la corriente de forma fácil y segura (Dagatron, 2017), para esto se requiere una extensión cuyos cables se encuentren separados y se procede a colocar la pinza en uno de ellos, en caso de que la resolución de la medida no sea tan precisa o para comprobar que el valor sea correcto se procede a envolver el cable alrededor de la pinza, esto permite hacer una relación que amplifica el valor inicial en un factor x.

En la Figura 3-4 se muestra la corriente que consume ABI cuando el proceso se encuentra en pausa, en Ecuador la tensión nominal es de 120v, por lo tanto, para obtener el consumo expresado en vatios se debe multiplicar estos dos valores dando como resultado un consumo de 18w.



Figura 3-4. Corriente obtenida con el proceso en pausa.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

Para comprobar que el valor medido de corriente sea correcto se procede a envolver el cable alrededor de la pinza 10 veces, lo que incrementa la medida tomada en un factor de 10 como se muestra en la Figura 3- 5.



Figura 3- 5. Corriente obtenida con el proceso en pausa amplificada en un factor de 10.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

En la Figura 3-6 se muestra la corriente que consume ABI cuando el proceso se encuentra en funcionamiento, por lo tanto, el consumo energético es de 28.8w mismo que dura un lapso de 1 a 2 minutos.



Figura 3-6. Corriente obtenida con el proceso en funcionamiento.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.6. Diseño de hardware de ABI

La parte del hardware es muy importante pues resguarda los elementos electrónicos, componentes delicados y permite el movimiento de algunas partes de la máquina por lo que el correcto diseño de esta sección es fundamental, en este apartado se presenta el diseño general y el de cada uno de los mecanismos que conforman ABI.

3.6.1. Herramientas de hardware

Como herramienta para elaborar los diseños de la estructura se escogió SOLIDWORKS 2020 debido a que posee una interfaz amigable con el usuario que permite elaborar sólidos en 3D con vistas isométricas, además se encuentran varios tutoriales colgados en la red convirtiéndose en un software de aprendizaje fácil.

3.6.2. Estructura

El diseño de la estructura externa resulta ser de mucha importancia pues, debe cumplir con los requerimientos de funcionabilidad, resistencia y atractivo para los usuarios, en base a estos parámetros se realiza la esquematización del prototipo se observa en la Figura 3- 7 en la cual se establece que, tendrá forma rectangular con una altura de 172cm de alto, 73cm de ancho y 51cm de profundidad. A partir de este ortoedro (prisma rectangular) se realizan cuatro divisiones la primera es para el contenedor de tapas cuya medida es de 17cm de ancho, 110cm de alto y 51 de profundidad; la segunda es para el contenedor de botellas cuyas dimensiones son 110cm de alto por 56cm de ancho por 51 de profundidad; la tercera es para ubicar los módulos de ingreso, verificación y entrada; consiste en una ranura de 62cm de alto, 35cm de ancho, 51cm de profundidad. Finalmente, la última partición de 62cm de alto, 38cm de ancho, 51cm de

profundidad, está destinada a resguarda la circuitería, el módulo de procesamiento, aviso y canje.

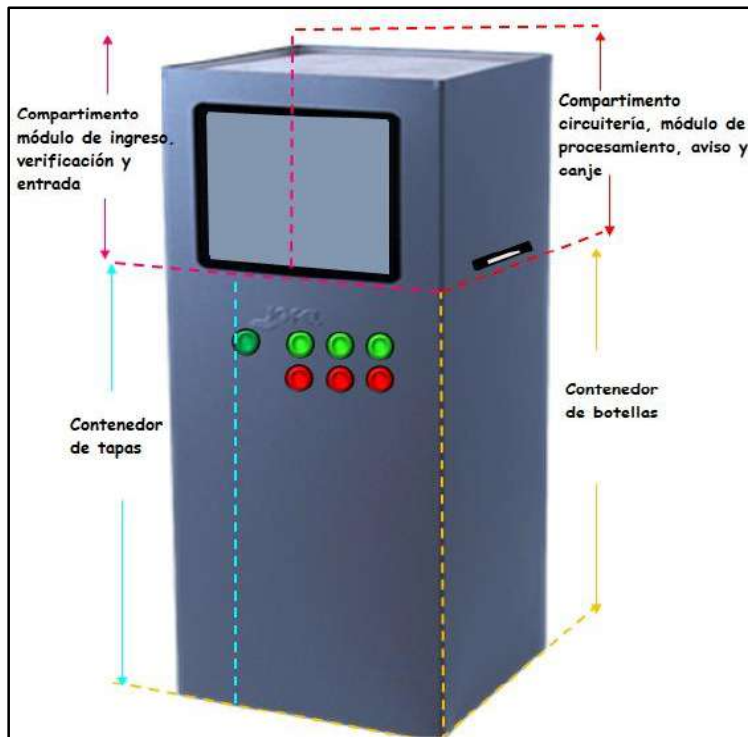


Figura 3- 7. Distribución de la estructura física de ABI

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.6.3. *Módulo de entrada*

El módulo de entrada está conformado por un soporte rectangular en el cual, se ubica un tornillo que atraviesa dicha estructura dividiéndola en dos partes y dos barras metálicas paralelas que ayudan al soporte y desplazamiento de una base móvil, misma que está diseñada para la recepción de tapas y botellas a través de dos separaciones. La primera sirve para ubicar la tapa mientras que, en la segunda se ubica una celda de carga en la cual se recepta la botella.

El mecanismo de transmisión que se utiliza para lograr el movimiento de la base es el de tornillo-tuerca, pues debido a la distancia que debe recorrer presenta una mayor estabilidad, además que permite que se adjunten dos barras con rodamientos en los laterales para añadir soporte a la estructura, además aprovecha el movimiento circular del eje del motor transformándolo en movimiento lineal teniendo en cuenta los valores tanto del tornillo como del paso de la tuerca.

Referente a los datos dados por el fabricante del tornillo se tiene que es de una entrada, 270mm

de longitud, con respecto a la tuerca su paso es de 4mm y la velocidad del motor es 120rpm. Para calcular la velocidad de avance de la base se hace referencia a la ecuación 7 en donde se reemplazan los valores y se realiza las operaciones matemáticas para obtener el resultado.

$$V_a = \frac{1 * 4 * 120}{60}$$

$$V_a = 8 \frac{mm}{s}$$

La velocidad de avance es de 8 mm/s permite saber el tiempo que la tuerca acoplada a la base tarda en recorrer el largo del tornillo; por medio de la ecuación 8 se obtiene el tiempo al cual se calibra el funcionamiento del motor.

$$t = \frac{270}{8}$$

$$t = 33,75 s$$

La Figura 3- 8 que se muestra a continuación, presenta el modelado del módulo de entrada que se constituye como una de las partes primordiales de ABI, debido a que contiene gran parte del módulo de verificación, está es la principal razón por lo que el mecanismo y estructura son robustos.

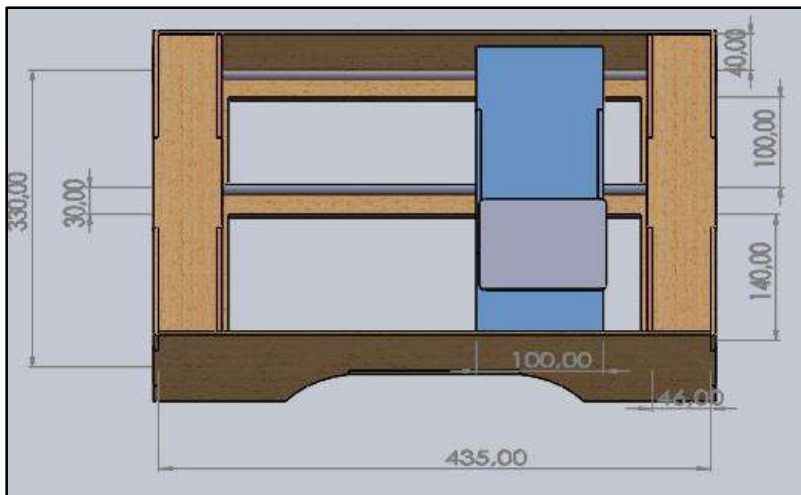


Figura 3- 8. Estructura del módulo de entrada

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

En el ANEXO B se puede apreciar los planos para la elaboración de la estructura del módulo de entrada.

3.6.4. Módulo de ingreso

Dicho módulo estructuralmente consiste en una compuerta móvil que se desplaza horizontalmente, por medio del mecanismo de transmisión piñón-cremallera, el cual realiza un movimiento longitudinal de respuesta rápida reversible, es decir, que puede desplazarse de derecha a izquierda fácilmente realizando un movimiento rectilíneo uniforme.

El piñón posee 12 dientes y un paso de 4mm que transformado a metros da como resultado 0.004, estos valores se reemplazan en la ecuación 9 para conocer el avance del piñón.

$$A = 12 * 0.004$$

$$A = 0.048 \text{ m}$$

La velocidad de desplazamiento de la puerta se calcula mediante la ecuación 10 teniendo en cuenta que el motor arrastra el eje motriz a una velocidad de 100 rpm.

$$V_a = \frac{0.048 * 100}{60}$$

$$V_a = 0.08 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Con la velocidad de desplazamiento calculada que es de 0.08 m/s, se procede a calcular el tiempo que se demora en recorrer la distancia de la cremallera que es de 32cm; este valor que se calcula es importante para la programación, pues define el tiempo de funcionamiento del motor para que el piñón recorra hacia el otro extremo de la cremallera; se ocupa la ecuación 8.

$$t = \frac{0,32}{0,08}$$

$$t = 4 \text{ s}$$

En la Figura 3- 9 se puede apreciar el diseño de la estructura del módulo de ingreso, el cual consiste un marco de aluminio en el que se encuentra ubicado el motor con el piñón de forma fija, la cremallera está ubicada en la parte superior de la compuerta ajustándose al piñón, la compuerta además pose rodamientos tanto en la parte superior como inferior de la misma para facilitar su movimiento. La estructura se escogió en base a la dinámica que maneja y a que es liviano.

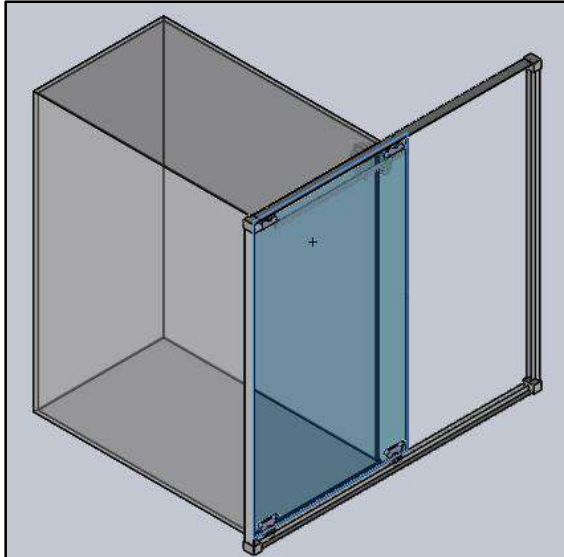


Figura 3- 9. Diseño del mecanismo del módulo de ingreso

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

En el ANEXO C se presentan los planos de la estructura del módulo de ingreso.

3.6.5. Módulo de expulsión

Está compuesto por una pala de empuje que se mueve gracias a un sistema mecánico conformado por tres mecanismos de transmisión para aplicar la fuerza necesaria para expulsar de forma precisa las tapas y botellas que el sistema de ABI detectó como incorrectas. El primer mecanismo que se utiliza para el movimiento en un sistema de engranajes reductor pues, el engranaje motriz es el pequeño con 10 dientes, por lo que se encuentra acoplado al eje del motor que proporciona una velocidad de 100rpm, el engranaje conducido es de más grande con 40 dientes. Para calcular la velocidad de salida se realiza por medio de la ecuación 1.

$$100 * 10 = 40 * Z_2$$

$$Z_2 = \frac{100*10}{40}$$

$$Z_2 = 25 \text{ rpm}$$

Mediante la ecuación 2 se calcula la relación de transmisión de esta sección del mecanismo.

$$I = \frac{10}{40}$$

$$I = 0,25$$

La velocidad de movimiento sigue siendo muy elevada y como el motor no posee una caja reductora se diseña la segunda parte del mecanismo consiste en un tornillo sin fin corona permite continuar disminuyendo aún más la velocidad para que el movimiento no sea brusco y sin forzar al motor por tal motivo se tiene una corona con 48 dientes, entonces aplicando la ecuación 6 se obtiene la relación de transmisión.

$$i = \frac{1}{48}$$

$$i = 0,021$$

Para conocer la velocidad se utiliza la ecuación 2 con reemplazando los valores de las anteriormente calculados.

$$\frac{1}{48} = \frac{n_2}{25}$$

$$n_2 = \frac{25}{48}$$

$$n_2 = 0,52 \text{ rpm}$$

Finalmente se utiliza un polipasto conformado por tres poleas para reducir el esfuerzo que realiza el motor a través de una ventaja mecánica que se calcula con la ecuación 5.

$$F = \frac{300g}{3}$$

$$F = 100g$$

El montaje de estos tres mecanismos de transmisión se puede apreciar en la Figura 3- 10 a continuación.

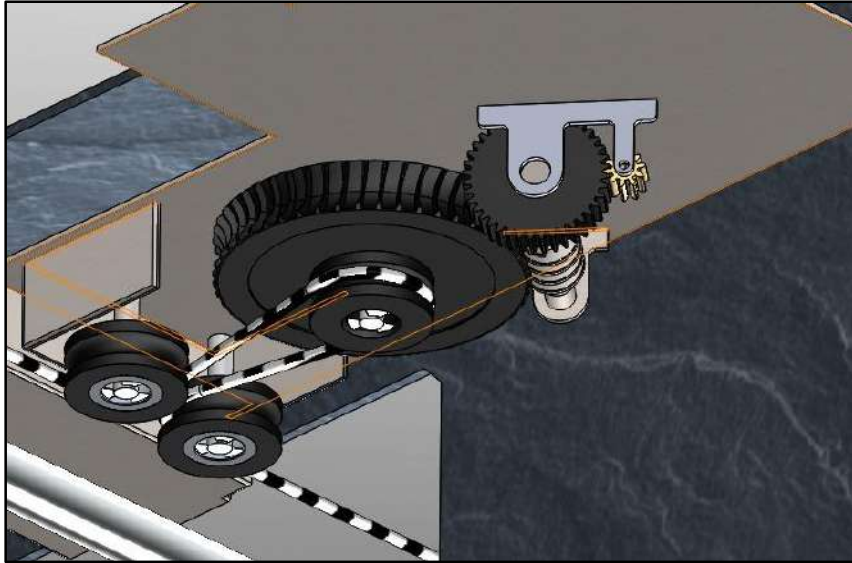


Figura 3- 10. Mecanismo de transmisión del módulo de canje

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

En la Figura 3- 11 se presenta la estructura del módulo de expulsión ubicada en el sistema de transmisión de movimiento en donde se puede apreciar que está ajustado a una placa de aluminio que permite sujetar también la pala de empuje. Para completar el mecanismo se puso una barra de acero y una cuerda paralela a ésta, permitiendo así el desplazamiento de la estructura móvil a través de dicha barra.

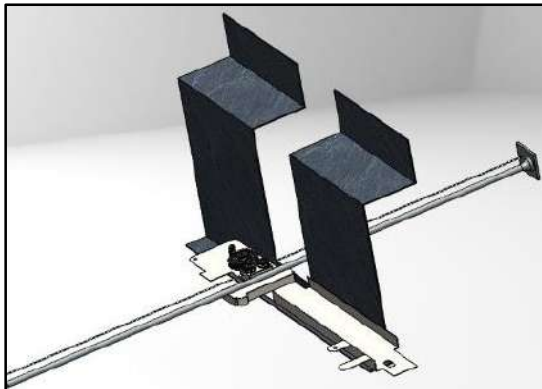


Figura 3- 11. Estructura del módulo de expulsión

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

En el ANEXO D se puede apreciar los planos para la construcción del módulo de expulsión en el cual se aprecian las medidas de cada elemento importante.

3.7. Implementación de la estructura de ABI

ABI se constituye físicamente por el ensamblaje de las ranuras que se aprecian en la Figura 3- 7, cada parte está conformada por una estructura y mecanismos de transmisión para los módulos.

3.7.1. Construcción del módulo de ingreso

Con base en el diseño realizado en SOLIDWORKS, se imprime las piezas (cremallera, piñón, uniones) en 3D, la puerta está hecha en acrílico con medidas 57cm por 32cm, en la parte superior de ésta, a unos 10cm del borde superior se acomoda la cremallera, el acrílico se ajusta al marco, conformado por cuatro perfiles de aluminio de los cuales dos son de 64cm y los otros dos de 74cm; por medio de rodamientos que pasan por un riel de aluminio. En la mitad de la barra superior del marco que mide 64cm, se ubica un soporte de para el motor de 7cm, 4cm y 4cm de espesor. En la Figura 3- 12 se presenta el resultado final del módulo de ingreso.



Figura 3- 12. Implementación módulo de ingreso

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.7.2. Construcción del cuerpo de ABI

ABI está formada por 6 planchas de madera de 5 líneas para darle mayor resistencia, reduciendo el costo de implementación. La distribución de cavidades se puede observar en la Figura 3- 7 mientras que, en la Figura 3- 13 se puede visualizar el montaje del cuerpo utilizando ángulos y tornillos para unir la estructura, en la tabla que se usa como base cuya dimensión es de 73cm por 51cm, se ubican 4 ruedas para facilitar la movilidad de la máquina, se procede a realizar 7 agujeros para ubicar el botón de inicio e indicadores del estado de contenedor. Finalmente se procede a fijar la compuerta en la estructura montada.



Figura 3- 13. Implementación de la estructura

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.7.3. Construcción módulo de entrada

El módulo de entrada es el más robusto, está realizado en madera tomando como base las medidas de la Figura 3- 8. La Figura 3- 14 visualiza el montaje de la estructura para el funcionamiento de mecanismo, es importante realizar la impresión 3D del acople para la cabeza del tornillo y el eje del motor para que se pueda ejecutar el giro del tornillo, para que pueda desplazarse la base en la que se ubica la celda de carga en un lado mientras que, en el lado faltante se ajusta un sensor para la tapa. En las posiciones designadas para receptor botellas y tapas se ubica una señalética para el usuario.

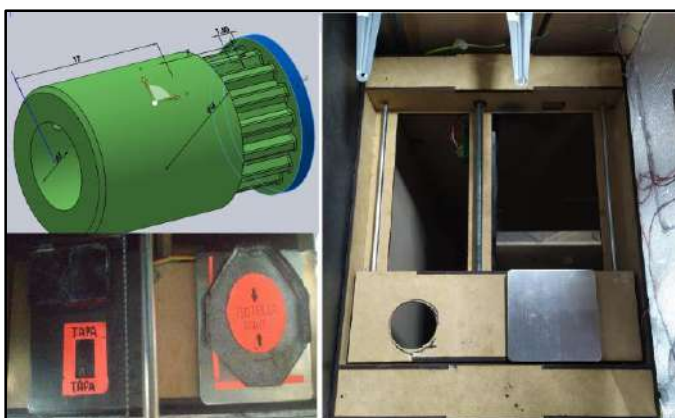


Figura 3- 14. Implementación del módulo de entrada

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.7.4. Construcción del módulo de expulsión

En base al diseño de la Figura 3- 11 se procede a realizar la impresión en 3D de las piezas (poleas, engranajes, tornillo sin fin), para ubicarlos en un soporte de 32cm de ancho por 4cm de largo, mismo que se ajusta a un tubo de acero de 51cm de largo, al que paralelo se ubica una cuerda que pasa por el mecanismo. Al soporte del mecanismo, es decir la base móvil se ajusta una paleta de madera cuyas medidas son de 10cm de ancho por 18cm de alto para la sección de la tapa y para la sección de la botella de 14cm x 18cm. La Figura 3- 15 muestra el resultado de la implementación de las piezas para conformar esta sección.



Figura 3- 15. Implementación del módulo de expulsión

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.7.5. Implementación de la circuitería y módulo de canje

Esta parte es muy importante ya que está conformada por todas las conexiones de mando y alimentación. La Figura 3- 16 presenta la disposición de los drivers, módulo GSM, raspberry, parlante, módulo de canje (impresora), alimentación (AT). El cableado está distribuido y protegido por espaguetis, cada cable está etiquetado para cuando la maquina requiera mantenimiento saber a dónde pertenece cada cosa.



Figura 3- 16. Circuitería y módulo de canje

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8. Diseño de software de ABI

En este apartado se muestra la calibración de la celda de carga, el desarrollo de la base de datos, la configuración del módulo GSM, la instalación de la impresora y el algoritmo del programa principal.

3.8.1. Herramientas de software

El sistema operativo oficial para todos los modelos de Raspberry Pi se denomina Raspbian, ampliamente utilizado gracias a su facilidad de uso y su interfaz gráfica amigable con el usuario, está basado en una distribución de Linux conocida como Debian (Fundación raspberry pi, 2018).

Como lenguaje de programación se opta por utilizar Thonny Python IDE el cual viene instalado por defecto en Raspbian, permite el control de todos los pines GPIO y demás puertos de entrada y salida del ordenador, así como el uso de diferentes tipos de librerías necesarias para el control de los sensores, actuadores y la conexión con la base de datos.

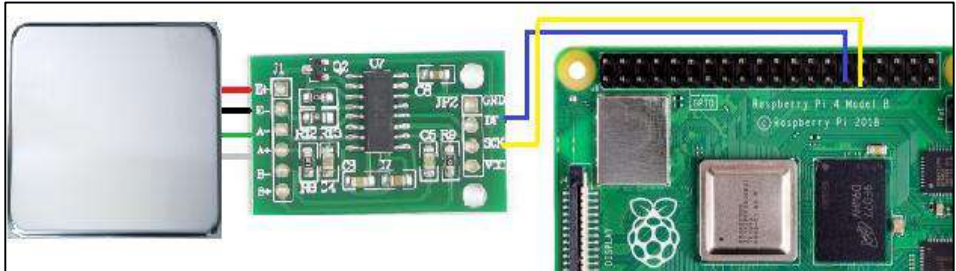
3.8.2. Calibración de la celda de carga

Uno de los requerimientos para el funcionamiento de ABI es conocer el peso de las botellas, de esta forma se puede clasificar entre una botella vacía, con tapa, contenido o ambas, para lo cual se utiliza una celda de carga de 500g y un módulo transmisor amplificador de señal HX711, cuyas características se muestran en la Tabla 3- 3.

Antes de utilizar la celda de carga es necesario que se calibre dicho transductor, la Tabla 3- 5

muestras los pasos necesarios para realizar la correcta lectura del peso.

Tabla 3- 5. Calibración de celda de carga

Pasos	Comando
1	Conexión Celda de carga + módulo HX711+Raspberry Pi 4 GPIO (DT=5 y SCK=6)
	
2	Ejecutar script “peso.py” que se muestra en el ANEXO E
3	Esperar a que genere valores sin colocar ningún elemento en la celda
4	Colocar un elemento de peso conocido y esperar a que se muestre en pantalla un valor constante Para esta prueba se trabajó con una masa de 225g, dando como medida un valor de 680082.2222
5	Para obtener la escala es necesario dividir 680082.222 para 225, dando como resultado 3022,5876
6	Por último, una vez conocido el valor de la escala se debe cambiar la línea 32 del script con el valor anterior.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

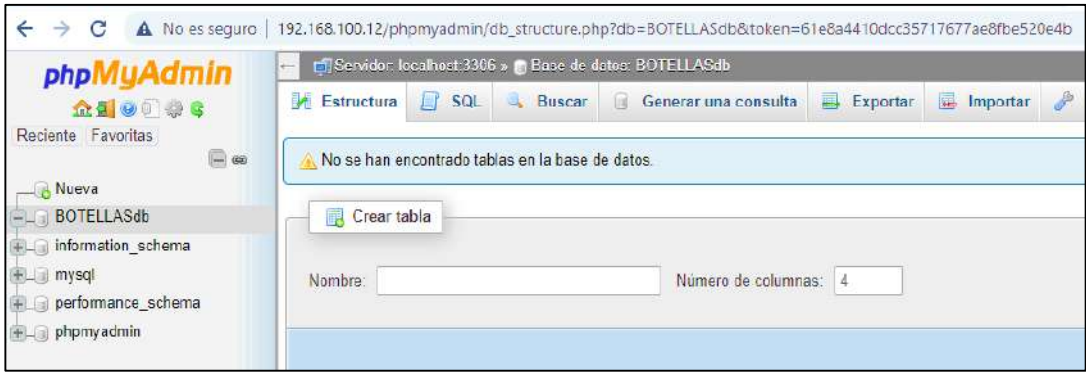
3.8.3. Desarrollo de la base de datos

El módulo de verificación consta de la base de datos en la que se gestiona el reconocimiento del plástico PET, así como de características específicas de la botella (código de barras y peso), todo esto es posible mediante una comparación entre un listado previo de datos recogidos y albergados dentro de la base y los leídos en tiempo real.

La Tabla 3- 6 muestra los comandos necesarios para la instalación tanto de la base de datos “MariaDB” (Llamas, 2019), el servidor Web HTTP “Apache” (Llamas, 2019) y el gestor de base de datos con interfaz web “PHPMyAdmin” (Llamas, 2019).

Tabla 3- 6. Creación de base de datos y servidor Web.

Instalación de “MariaDB”		
Pasos	Comando	Descripción
1	sudo apt update	Actualización de paquetes
2	sudo apt install mariadb-server	Instalación de Maria DB
	systemctl status mariadb.service	Verificación para correcto funcionamiento del servicio
Instalación y Configuración de “Apache”		
1	sudo apt install apache2	Instalación del servidor web Apache2
2	192.168.100.12	Para verificar que el servicio fue instalado correctamente ingrese la dirección IP de la Raspberry en el navegador.

Instalación y Configuración de “PHPMyAdmin”		
1	sudo apt install phpmyadmin	Instalación de PHPMyAdmin
2	Elegir mediante consola “apache2” como servidor web	Entorno gráfico
3	Como ya se creó la base de datos (Mariadb), dar clic en “aceptar”	Entorno gráfico
4	Colocar contraseña para usuario creado por defecto “root”	Este usuario es creado por defecto, se debe crear otro dentro de la base de datos debido a que phpmyadmin por políticas de seguridad no permite el ingreso de “root”
5	Confirmar contraseña	Entorno gráfico
6	sudo mysql -p -u root	Permite ingresar al gestor de base de datos mediante el usuario por defecto “root”
7	CREATE DATABASE “nombre de la base de datos”;	Para el caso práctico el nombre de la base es “BOTELLASdb”
8	SHOW DATABASES;	Permite observar las bases de datos que existen dentro del gestor
9	CREATE USER 'admin'@'localhost' IDENTIFIED BY '1234';	Dentro de la Mariadb, es necesario crear un usuario que nos permita ingresar a la interfaz gráfica de phpmyadmin para así gestionar los datos
10	GRANT ALL PRIVILEGES ON *.* TO 'admin'@'localhost' IDENTIFIED BY '1234';	A dicho usuario se le debe otorgar todos los privilegios dentro de la base de datos.
11	FLUSH PRIVILEGES;	Confirma todos los privilegios.
12	QUIT;	Permite salir de Mariadb
13	sudo service apache2 restart	Reinicia el servicio de apache
Nota: para comprobar el correcto funcionamiento abrir navegador web y colocar la dirección IP de la Raspberry. http://IP/phpmyadmin		
		

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

En la nueva base de datos creada dentro de phpMyAdmin se procede a la creación de una tabla que alberga los datos recolectados, que contienen el código de barras de cada botella, el nombre, el peso por botella y adicional el peso por tapa; para luego proceder a importar desde la computadora el archivo datos.csv mismo que se muestra en el ANEXO F.

3.8.4. Configuración del módulo GSM

El módulo de aviso envía un mensaje de texto al encargado de mantenimiento de ABI, utilizando un módulo GSM con un chip de la operadora Tuenti, el cual debe ser correctamente configurado dentro del entorno de la Raspberry.

El módulo GSM utiliza un sistema de gestión de dispositivos móviles con líneas telefónicas denominado gammu, normalmente se lo utiliza con los puertos USB del procesador, sin embargo, ABI utiliza esta librería por medio de un puerto serial, innovando en el uso de esta tecnología.

3.8.4.1. Habilitación de la comunicación UART (serial)

Se utiliza el comando “sudo raspi-config”, el cual abre el software de configuración general y se selecciona la opción “interfacing options” en donde se inhabilita el login Shell y se habilita la UART, finalmente, se procede a reiniciar la raspberry. En la Figura 3- 17 se puede observar este procedimiento (Moya Fernández, 2017).

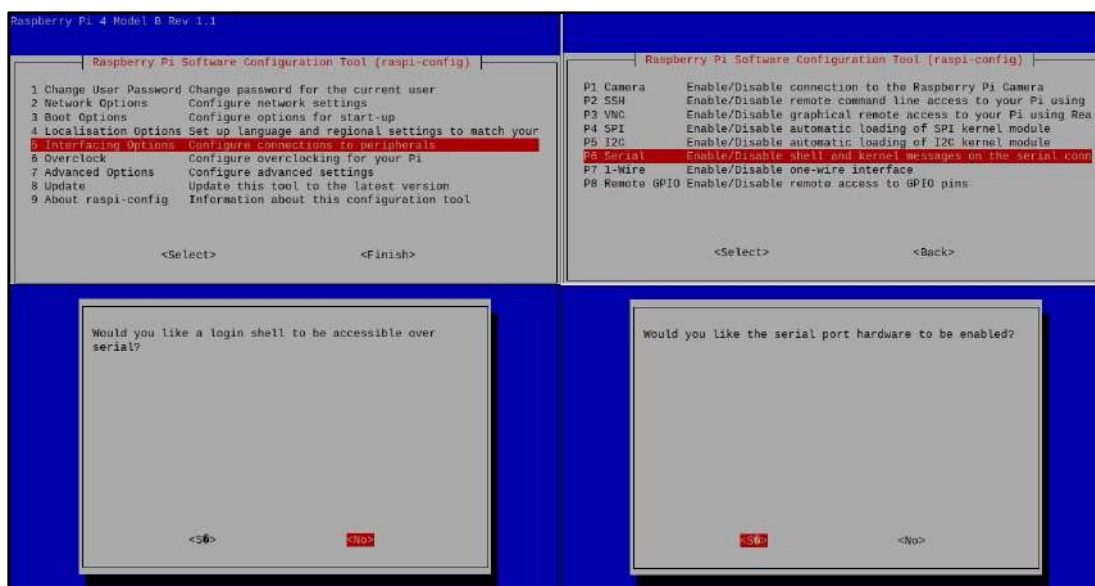


Figura 3- 17. Habilitación de la UART

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.4.2. Instalación de la librería gammu.

Para instalar la librería que permite establecer conexión entre la raspberry y el módulo GSM, se abre el terminal en el cual se escribe “sudo apt-get install gammu”. Una vez instalado se ejecuta “sudo gammu-config”, en el cual se cambia la conexión del puerto al “serial0”, mismo que se

encuentra conectado al módulo a través de los pines TX y RX (Carlini's Blog, 2015); este cambio se puede apreciar a continuación en la Figura 3- 18.



Figura 3- 18. Configuración del puerto para gammu

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

Para verificar el funcionamiento y las características del módulo GSM, tales como fabricante, modelo, IMEI del módulo y la IMSI del chip utilizado, esto se obtiene mediante “sudo gammu - -identify” (Carlini's Blog, 2015), la respuesta de este comando se aprecia en la Figura 3- 19.

```
Archivo Editar Pestañas Ayuda
pi@raspberrypi:~ $ sudo gammu-config
Parsing current Gammu configuration form "/root/.gammurc"
pi@raspberrypi:~ $ sudo gammu --identify
Dispositivo      : /dev/serial0
Fabricante      : SIMCOM_Ltd
Modelo          : unknown (SIMCOM_SIM800L)
Firmware        : Revision:1418B04SIM800L24
IMEI            : 865674032504959
IMSI de la SIM  : 740005116230518
pi@raspberrypi:~ $
```

Figura 3- 19. Verificación de funcionamiento del módulo GSM

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

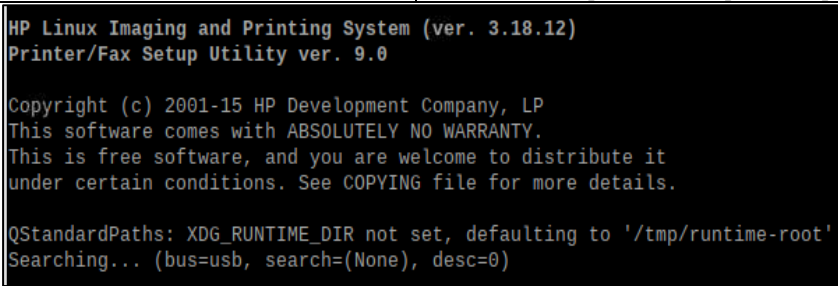
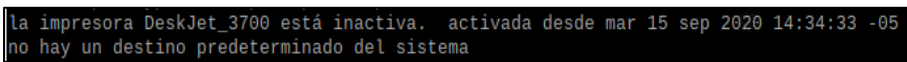
3.8.4.3. Configuración de la UART para otros fines

La UART generalmente está siendo usada por la consola, para realizar el cambio se debe ingresar al archivo cmdline.txt a través del comando “sudo nano /boot/cmdline.txt”; se procede a eliminar el fragmento que dice “console=serial0,115200”, y se reinicia la Raspberry Pi. Se accede nuevamente al terminal y se ingresa al archivo config.txt con el comando “sudo nano /boot/config.txt”, en donde se aumenta “core_freq=250” al final del código para ajustar el reloj de la UART, como paso final se reinicia el sistema de la raspberry (Ingeniería Soporte, 2018).

3.8.5. Instalación de impresora HP DeskJet_3700-10 en Raspberry pi

La Tabla 3- 7 muestra los comandos utilizados para la instalación (Sánchez Uzábal, 2018), configuración e impresión desde el terminal de Raspbian y del script de Python, para el modelo de impresora HP DeskJet_3700-10.

Tabla 3- 7. Comandos para la configuración de la impresora.

Pasos	Comando	descripción
Terminal de Raspbian		
1	apt-get install hplip	Este comando se utiliza en específico para la instalación del paquete “hplip” que contiene en exclusiva la mayoría de los controladores para impresoras y escáneres HP, facilitando al usuario el archivo .ppd que permite al s.o. detectar el dispositivo conectado.
2	hp-setup	Permite ingresar a la interfaz gráfica de “hplip” en donde se realiza la configuración de la impresora, para lo cual se debe seguir tres pasos: <ul style="list-style-type: none"> • Elección del medio de comunicación. • Ingreso del archivo ppd. • Descripción de la impresora (opcional). 
3	lpstat -p -d	Permite saber las impresoras disponibles 
5	lptions -d DeskJet_3700-10	Define la impresora elegida como predeterminada

6	lp (nombre del archivo)	Permite imprimir desde consola un archivo, para realizar esta prueba colocarse dentro del directorio que contiene el archivo a imprimir.
<pre>root@raspberrypi:/home/pi/Documents/hx711py-master# lp texto_imp la id solicitada es DeskJet_3700-12 (1 archivo(s))</pre>		
Script Python		
1	import os	Módulo que consta de funciones que permiten manipular la estructura de los directorios para crear y administrar procesos
2	os.system("lp"+"home/pi/Documents/hx711py-master/texto_imp")	Esta línea de código permite invocar al comando utilizado en consola hacia el script de Python, el signo (+) permite concatenar la función "lp" con el lugar físico en el que se encuentra el archivo.
<pre>root@raspberrypi:/home/pi/Documents/hx711py-master# python 5prueba_impresion.py la id solicitada es DeskJet_3700-13 (1 archivo(s))</pre>		

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.6. Desarrollo de Software en Thonny Python IDE

Esta herramienta es utilizada para desarrollo del algoritmo que controla el funcionamiento de ABI, mismo que se subdivide en 5 partes, en los apartados contiguos se procede a analizar cada una de ellas.

3.8.6.1. Librerías

En la Figura 3-20 se muestran las librerías requeridas para el funcionamiento del programa, la primera línea permite manejar los pines GPIO desde Python, el módulo os le da acceso al programa a funciones propias del sistema operativo, lo que le permite leer y escribir archivos (Uniwebsidad, 2020), para la creación de los tiempos de espera se utiliza una de las funciones del módulo time, por último para la conexión con la base de datos es necesario importar mysql.connector.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import os
import sys
import time
import mysql.connector
```

Figura 3-20. Librerías instaladas.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

La Figura 3-21 muestra el comando requerido para que Python pueda trabajar con la

numeración de los GPIO de la placa.

```
9 GPIO.setmode (GPIO.BCM)
```

Figura 3-21. Activación de GPIO.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.6.2. Control de la celda de carga

La medición del peso es un requisito fundamental en el proceso de verificación de los requerimientos de ABI, la Figura 3- 22 muestra la configuración del transmisor de celda de carga HX711.

```
19 EMULATE_HX711=False
20
21 referenceUnit = 1
22
23 if not EMULATE_HX711:
24     import RPi.GPIO as GPIO
25     from hx711 import HX711
26 else:
27     from emulated_hx711 import HX711
28
29 def cleanAndExit():
30     print("Cleaning...")
31
32     if not EMULATE_HX711:
33         GPIO.cleanup()
34
35     print("Bye!")
36     sys.exit()
37
38 hx = HX711(5, 6)
39
40 hx.set_reading_format("MSB", "MSB")
41
42
43
44
45 hx.set_reference_unit(3022.58765)
46
47 hx.reset()
48
49 hx.tare()
```

Figura 3- 22. Control de la celda de carga.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.6.3. Base de datos

La creación de la base de datos como se muestra Tabla 3- 6 es de suma importancia para este proyecto ya que es en este lugar donde se albergan los datos característicos de cada botella, la Figura 3- 23 muestra los comandos necesarios para el acceso del usuario con su correspondiente contraseña a una base de datos específica.

```

11 #crea la conexion con la base de datos
12 conexion=mysql.connector.connect(host="localhost",
13                                 user="admin",
14                                 passwd="1234",
15                                 db= 'BOTELLASdb')
16 cursor=conexion.cursor()

```

Figura 3- 23. Conexión con la base de datos.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

Una vez dentro de la base datos se requiere una sentencia que sea capaz de extraer los datos requeridos, en este caso se desea conocer todos los datos de los cuatro campos en base a la comparación del código de barras como se muestra en la Figura 3- 24.

```

sqlq="SELECT * FROM datos_bot WHERE codigo = %s;" ,(cod_barras,)
cursor.execute ("SELECT * FROM datos_bot WHERE codigo = %s;" ,(cod_barras,))
datos = cursor.fetchone()

```

Figura 3- 24. Sentencia SQL para la extracción de datos en función del código de barras.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

La Figura 3- 25 le muestra al editor de texto que codificación utilizar, esta línea se coloca al inicio del programa como comentario, es necesaria para la codificación de los datos de la tabla.

```

1 #-*- coding: utf-8 -*-

```

Figura 3- 25. Tipo de codificación.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.6.4. Control de motores

El sistema de ABI consta de tres motores que permiten el funcionamiento de los módulos descritos en apartados anteriores, la Figura 3- 26 muestra la configuración de los pines correspondientes al primer canal del puente H L298N los cuales al ser conectados a los GPIO de las Raspberry actúan como salidas controladas por el ordenador, adicional a esto se crea un objeto PWM que permite el control de la velocidad del motor.


```

52 #configura los pines como salidas para motor Puerta
53 GPIO.setup(8, GPIO.OUT) #motor puerta ena
54 GPIO.setup(12, GPIO.OUT) #in1
55 GPIO.setup(16, GPIO.OUT) #in2
56 ena_puerta = GPIO.PWM (8,90) #crea objeto pwm

```

Figura 3- 26. Configuración de los GPIO como salidas para motor puerta.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

Para el control de giro de los motores se crea tres funciones las cuales permiten el movimiento hacia atrás, adelante y el paro según la combinación de bits utilizados, como se muestra en la Figura 3- 27; cabe recalcar que los procesos indicados en esta y en la anterior figura son los mismos para los dos motores adicionales.

```

59 def Giro_Favor_Relej_MotorPuerta():
60     GPIO.output(12, False)
61     GPIO.output(16, True)
62
63 def Giro_Contra_Relej_MotorPuerta():
64     GPIO.output(12, True)
65     GPIO.output(16, False)
66
67 def Paro_MotorPuerta():
68     GPIO.output(12, False)
69     GPIO.output(16, False)

```

Figura 3- 27. Funciones para el movimiento del motor puerta.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.6.5. Configuración de los GPIO de entrada y salida

Los dispositivos de entrada tales como sensores y botones que utilizan los pines GPIO para su comunicación con el ordenador se muestran en la Figura 3- 28.

```

116 #configura los pines como entradas para SENSORES
117 GPIO.setup(9, GPIO.IN) #boton inicio proceso
118 GPIO.setup(10, GPIO.IN) #sensor de presencia tapas
119 GPIO.setup(25, GPIO.IN) #alerta contenedor de tapas
120 GPIO.setup(18, GPIO.IN) #alerta contenedor de botellas
121 GPIO.setup(2, GPIO.IN) #alerta existencia canje

```

Figura 3- 28. Configuración de los GPIO de entrada.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

Los dispositivos de salida tales como motores e indicadores que utilizan los pines GPIO para su comunicación con el ordenador se muestran en la Figura 3- 29

```

106 #configura los pines como salidas para indicadores Rojos
107 GPIO.setup(13, GPIO.OUT) #IrojoTapa
108 GPIO.setup(19, GPIO.OUT)#IrojoBotella
109 GPIO.setup(26, GPIO.OUT)#IrojoCanje

111 #configura los pines como salidas para indicadores Verdes
112 GPIO.setup(17, GPIO.OUT)#IverdeTapa
113 GPIO.setup(27, GPIO.OUT)#IverdeBotella
114 GPIO.setup(22, GPIO.OUT)#IverdeCanje
...

```

Figura 3- 29. Configuración de los GPIO de salida.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.6.6. Control de la impresión y reproducción de archivos de audio

Una vez realizada la instalación de la impresora y la comprobación de la impresión mediante el terminal de raspbian como se muestra en la Tabla 3- 7 se procede a ejecutar la línea mostrada en la Figura 3- 30 la cual utiliza uno de los paquetes de la librería os al invocar al comando “lp” más la dirección y el nombre del archivo a imprimir.

```
os.system("lp "+"/home/pi/Documents/hx711py-master/texto_imp")
```

Figura 3- 30. Ejecución del canje.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

Para la reproducción del sonido se hace uso del mismo paquete de la librería os, como se muestra en la Figura 3- 31 se invoca al comando “omxplayer -o” y se adiciona la salida del audio, en este caso “local” le indica al ordenador que utilice el jack de audio para la reproducción del archivo.

```
os.system("omxplayer -o"+ " local entrega.wav")
```

Figura 3- 31. Reproducción de archivos de sonido.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020

3.8.6.7. Ejecución automática del Script Principal

En el caso de existir alguna falla en el suministro de energía o que simplemente se apague el equipo al reiniciarse el programa se ejecuta automáticamente para lo cual se crea un archivo punto .bs y se haciendo uso del comando mostrado en la Figura 3- 32 en la se le indica al sistema operativo de la Raspberry cuando y como realizar la ejecución del programa.

```

~$ sudo nano /etc/crontab
# Example of job definition:
# ----- minute (0 - 59)
# | ----- hour (0 - 23)
# | | ----- day of month (1 - 31)
# | | | ----- month (1 - 12) OR jan,feb,mar,apr ...
# | | | | ----- day of week (0 - 6) (Sunday=0 or 7) OR sun,mon,tue,wed,
# | | | | |
# | | | | | user-name command to be executed
17 * * * * root    cd / && run-parts --report /etc/cron.hourly
25 6 * * * root    test -x /usr/sbin/anacron || ( cd / && run-parts --
47 6 * * 7 root    test -x /usr/sbin/anacron || ( cd / && run-parts --
52 6 1 * * root    test -x /usr/sbin/anacron || ( cd / && run-parts --
#
#@reboot pi sh /home/pi/script_prueba.sh
#reboot pi sh /home/pi/Documents/hx711py-master/script.sh

```

Figura 3- 32. Arranque automático del programa

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

3.8.6.8. Algoritmo Final

El Gráfico 3- 6 muestra el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento de ABI, a continuación se describen los pasos para ejecución:

- El proceso comienza con la activación del sistema mediante el botón de inicio, internamente ya se tiene cargadas las librerías correspondientes.
- Se procede a la lectura del estado de los contenedores, si alguno de ellos no cumple con los parámetros se impide el funcionamiento y se envía un mensaje de texto al encargado de mantenimiento.
- Caso contrario se da paso a la apertura de la puerta de entrada, se encienden los indicadores verdes que muestran al usuario que el proceso está activo.
- Se procede a la reproducción del audio donde ABI se presenta con el usuario, y le indica donde colocar la tapa, si hubo un fallo por parte del usuario ABI espera un tiempo determinado, emite un audio indicando que se va a cerrar la compuerta para mayor seguridad, por último cierra la puerta principal esperando al próximo proceso.
- De ser correcta la recepción de la tapa ABI le indica al usuario que realice la lectura del código de barras, si no se realiza este paso se activa el módulo de expulsión y se cierra la puerta.
- Al momento de recibir el código de barras internamente se realiza la búsqueda en la base de datos, misma que se encuentra albergada en el procesador a la cual se accede mediante los comandos mostrados en la Figura 3- 23, si el código es incorrecto se procede a la activación del módulo de expulsión y al cierre de compuertas.
- Si la lectura es correcta y la comparación afirmativa se reproduce un audio indicándole al

usuario donde colocar la botella, si la lectura del peso sobrepasa los limites calculados dentro de la base de datos se procede a la expulsión de la botella y al cierre de la puerta.

- Al cumplirse todos los requerimientos ABI le indica al usuario que el proceso es correcto, se procede a la entrega del canje y a la ingreso de la botella y la tapa a sus correspondientes contenedores.

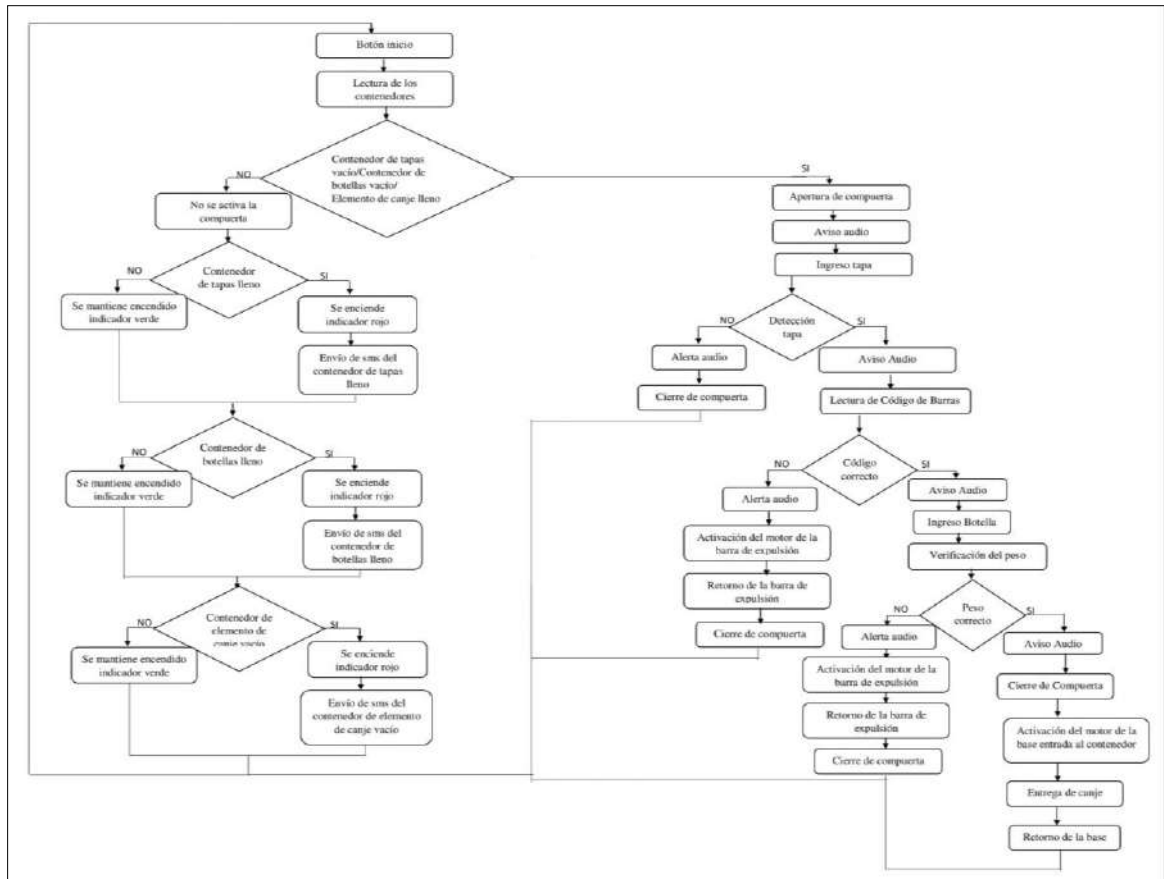


Gráfico 3- 6. Diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento de ABI.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos al momento de probar el funcionamiento de ABI, para el análisis de los datos se aplicó la prueba de libre distribución no paramétrica llamada como chi cuadrado de Pearson (X^2) con el fin de conocer la existencia de dependencia entre las variables observadas (cumplimiento de requisitos vs entrega de canje), en base a los requerimientos preestablecidos (Mendivelso y otros, 2018), incluyendo también el estudio de costos del prototipo.

4.1. Análisis del funcionamiento de ABI

Para el correcto funcionamiento de ABI se realizaron pruebas a los diferentes sensores para validar el correcto funcionamiento de cada uno y a su vez ejecutar un análisis general de todos los sistemas en forma general.

4.1.1. Calibración de detección de la tapa

Se realizaron 2 pruebas al sensor capacitivo que se encarga de detectar la tapa en la ranura, para esto en la primera se muestra en la Tabla 4- 1 en donde se calibro el sensor y se estableció un conjunto de 50 sujetos de los cuales 30 fueron tapas de plástico de alta densidad y 20 fueron elementos de diferentes materiales (metal, madera y papel) de los cuales las 30 tapas fueron aceptadas mientras que de los 20 elementos de diferentes materiales 18 fueron rechazados y 2 aceptados generando un error de medición del 4% debido a un fallo en la calibración que posteriormente fue reparado para realizar la segunda prueba como se aprecia en la Tabla 4- 2 en la cual se obtuvo un error del 0% por lo que se conserva el error dado por el fabricante ya que no se realizó ninguna mejora interna al sensor.

Tabla 4- 1. Primera prueba de calibración del sensor capacitivo

Elementos	Aceptadas	Rechazadas	Aciertos
Tapas de plástico de alta densidad	30	0	30
Otros Elementos (madera, cartón papel, metal)	2	18	18
Total	32	18	48

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

Tabla 4- 2. Prueba del sensor capacitivo recalibrado

Elementos	Aceptadas	Rechazadas	Aciertos
Tapas de plástico de alta densidad	30	0	30
Otros Elementos (madera, cartón papel, metal)	0	20	20
Total	30	20	50

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

4.1.2. Lectura código de barras

Para verificar el error de lectura del sensor de código de barras, se obtuvo la Tabla 4- 3 se realizan 5 lecturas consecutivas de cada muestra de un grupo de 15 botellas tomadas aleatoriamente, se establece como acierto cuando el código es leído correctamente, se han obtenido 75 aciertos de las 75 lecturas, es decir un error de lectura del 0%. Corroborando el bit de tasa de error presentado por el fabricante, el cual indica que el producto ha pasado una prueba de 5 millones de lecturas sin presentar ningún error.

Tabla 4- 3. Error de lectura

Botella	Acierto de lectura de código					Número de Aciertos	Error de lectura
Agua dasani 1.2L	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Pure water 1.2L	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Agua cielo 500ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Agua cielo 625ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
V220 600ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Tesalia ice limon 500ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Agua dasani 600ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Big cola limon 1L	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Agua cielo 1.2L	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Cifrut 1L	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Guitic 500ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Tesalia ice naranjilla 500ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Agua tesalia 625ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Agua montana 600ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
Vivant storm manzana 500ml	SI	SI	SI	SI	SI	5	0%
TOTAL, ACIERTOS						75	0%

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

4.1.3. Calibración de la celda de carga

Una parte importante en el funcionamiento de ABI fue la selección como parámetro de evaluación el peso de la botella para lo cual se ocupó una celda que carga que ejecutó dicha acción. Para utilizar la anteriormente mencionada se tuvo que calibrar por medio de la Tabla 4-4 en donde se observa que se tomó como medida base el peso marcado por los fabricantes de cinco diferentes tipos de productos con distintos pesos, al ser ubicados en la celda de carga el valor obtenido fue de 1,9 g más que el peso marcado por lo que este dato se considera el error en la medición que tiene este instrumento.

Tabla 4- 4. Error de medición de la celda de carga

DETALLE	Peso Marcado (g)	Peso Medido (g)	Error Absoluto (Ea)	Error Relativo (Er)	Porcentual (%Er)
Pegamento escarchado	40	40.85	0.85	0.02124	2.125
Galletas oreo	36	36.85	0.85	0.0236	2.36
Plastilina Pelikan	180	180.85	0.85	0.0047	0.47
Hanuta	22	22.85	0.85	0.0386	3.86

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

La Tabla 4- 5 muestra que el nivel de incertidumbre calculado para la celda de carga es de 0.01g el cual se obtuvo al aplicar la desviación estándar a un promedio de seis mediciones de seis botellas de la misma marca, este mismo proceso se aplicó a un total de 38 marcas de botellas, dando como resultado que el error obtenido en la medición de las botellas es el mismo que el marcado por el fabricante, y por tanto se determina que la lectura del peso es constante.

Tabla 4- 5. Incertidumbre en medición del peso de las botellas

Código de Barras	Detalle	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5	Peso 6	Promedio botellas	Incertidumbre
7861024624725	Agua dasani 1.2L	28.35	28.41	28.4	28.42	28.40	28.40	28.39666667	0.011547005
7862113551427	Pure water 1.2L	27.48	27.51	27.51	27.50	27.52	27.50	27.50333333	0.01
7862110544064	Agua cielo 500ml	14.68	14.70	14.70	14.71	14.70	14.70	14.69833333	0.01
7750670244954	Agua cielo 625ml	15.16	15.20	15.20	15.19	15.20	15.20	15.19166667	0.01
759494005755	V220 600ml	22.73	22.80	22.80	22.82	22.80	22.80	22.79166667	0.01
759494001221	Tesalia ice limon 500ml	23.33	23.40	23.40	23.42	23.40	23.40	23.39166667	0.01
7861024621076	Agua dasani 600ml	20.30	20.30	20.30	20.31	20.30	20.30	20.30166667	0.01
7862110544125	Big cola limon	34.75	34.90	34.91	34.91	34.90	34.90	34.87833333	0.01

	1L								
7862110544651	Agua cielo 1.2L	25.95	25.98	26.00	26.02	26.00	26.00	25.99166667	0.01
7862110544934	Cifrut 1L	20.86	21.00	21.00	21.02	21.00	21.00	20.98	0.01
759494000354	Guitic 500ml	22.84	22.90	22.90	22.91	22.90	22.90	22.89166667	0.01
759494004758	Tesalia ice naranjilla 500ml	23.58	23.60	23.60	23.62	23.60	23.60	23.6	0.01
759494999702	Agua tesalia 625ml	19.68	19.70	19.70	19.72	19.70	19.70	19.7	0.01
7861000117807	Agua montana 600ml	19.55	19.60	19.60	19.61	19.63	19.61	19.6	0.01
78605251	Vivant storm manzana 500ml	14.08	14.10	14.10	14.12	14.10	14.12	14.10333333	0.01
794166003301	Agua vivan 1L	28.85	28.90	28.90	28.92	28.90	28.90	28.895	0.01
7861024621243	Powerade mora 1L	57.20	57.30	57.30	57.32	57.30	57.30	57.28666667	0.01
7861024621489	Powerade uva 1L	57.22	57.30	57.30	57.30	57.32	57.30	57.29	0.01
7861024627719	Del valle naranja 600ml	18.30	18.30	18.30	18.30	18.32	18.30	18.30333333	0.01
7861024610865	Fuzetea 1L	27.80	27.80	27.80	27.81	27.80	27.81	27.80333333	0.01
2807700720010	Agua splendor 500ml	20.00	20.00	20.00	20.01	20.00	20.00	20.00166667	0.01
2302495040003	Agua tariko 600ml	20.80	20.80	20.80	20.82	20.80	20.80	20.80333333	0.01
7862100720072	Agua splendor 750ml	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.70	30.7	0.00
7861024611060	Fuzetea 550ml	15.15	15.20	15.20	15.22	15.20	15.20	15.195	0.01
7861024621458	Powerade FT 1l	44.70	44.70	44.70	44.68	44.70	44.70	44.69666667	0.01
7861024621243	Powerade MA 1L	44.99	45.00	45.00	44.99	45.00	45.00	44.99666667	0.01
7862123120408	Misha 500ml	30.50	30.50	30.50	30.48	30.50	30.50	30.49666667	0.01
759494999559	Frutaris manzana 500ml	18.49	18.50	18.50	18.51	18.50	18.50	18.5	0.01
7862109432037	Gatorade manzana 750ml	34.84	34.90	34.90	34.91	34.90	34.90	34.89166667	0.01
7861000129954	San felipe 500ml	21.86	21.90	21.90	21.91	21.90	21.90	21.895	0.01
78610246221465	Powerade manzana 1L	44.39	44.41	44.40	44.42	44.41	44.40	44.405	0.01
7861024622905	Powerade manzana 500ml	28.62	28.70	28.70	28.72	28.70	28.70	28.69	0.01
7861024606639	Powerade MA 500ml	29.51	29.50	29.50	29.51	29.50	29.50	29.50333333	0.01
7862110544156	Big cola negra 500ml	26.50	26.80	26.80	26.80	26.80	26.80	26.75	0.00
794166001536	Vivant storm limon 500ml	13.20	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.45	0.00
7862100720010	Agua splendor 500ml	15.30	15.60	15.60	15.62	15.60	15.60	15.55333333	0.01

7862110431388	Bon oranje 500ml	17.25	17.33	17.33	17.33	17.32	17.32	17.3135	0.01
---------------	---------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------	------

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

4.1.4. Prueba de tiempo de envío de mensajes para el GSM

Para determinar el tiempo desde la ejecución en consola para la emisión del mensaje hasta la recepción del mismo, se diseña una prueba la cual consiste en almacenar el minuto y segundo de ejecución del comando y el minuto y segundo del envío del mensaje, mediante un archivo de programa desarrollado en python, y en el teléfono mediante las opciones de desarrollador verificar la hora, minuto y segundo de la recepción de mensajes, en la lista detalla de ejecuciones. Se establece enviar 36 mensajes distribuidos en 3 horas, es decir un mensaje cada 5 minutos y para obtener el tiempo real de envío y recepción se sincronizan las horas de la raspberry y teléfono. Como resultado se ha obtenido que el tiempo promedio de carga de mensaje es de 4.417 segundos, el tiempo promedio desde el envío hasta la recepción es de 15.694 segundos y el tiempo total promedio de 20.111 segundos por mensaje enviado; cuyos valores se pueden apreciar en la Tabla 4- 6.

Tabla 4- 6. Registro de tiempos de demora en envío de mensajes

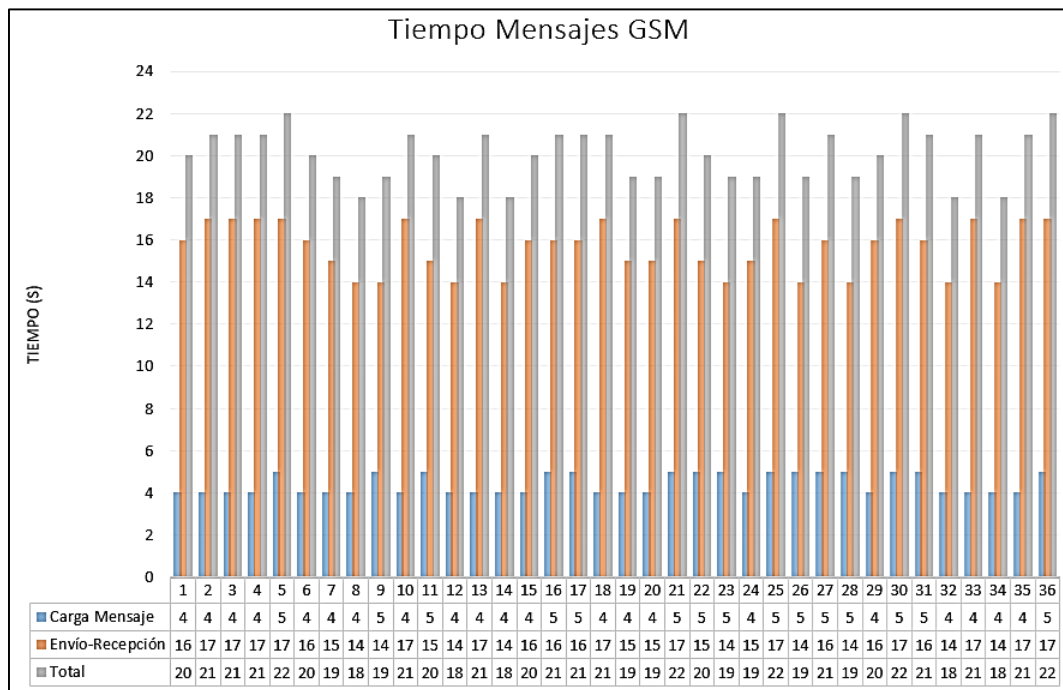
Hora	Inicio		Envío		Recepción		Tiempos (segundos)		
	Minuto	Segundo	Minuto	Segundo	Minuto	Segundo	Carga Mensaje	Envío-Recepción	Total
1	0	7	0	11	0	27	4	16	20
1	5	9	5	13	5	30	4	17	21
1	10	9	10	13	10	30	4	17	21
1	15	4	15	8	15	25	4	17	21
1	20	6	20	11	20	28	5	17	22
1	25	4	25	8	25	24	4	16	20
1	30	5	30	9	30	24	4	15	19
1	35	7	35	11	35	25	4	14	18
1	40	0	40	5	40	19	5	14	19
1	45	1	45	5	45	22	4	17	21
1	50	3	50	8	50	23	5	15	20
1	55	5	55	9	55	23	4	14	18
2	0	9	0	13	0	30	4	17	21
2	5	1	5	5	5	19	4	14	18
2	10	9	10	13	10	29	4	16	20
2	15	8	15	13	15	29	5	16	21
2	20	1	20	6	20	22	5	16	21
2	25	4	25	8	25	25	4	17	21
2	30	7	30	11	30	26	4	15	19
2	35	8	35	12	35	27	4	15	19

2	40	4	40	9	40	26	5	17	22
2	45	7	45	12	45	27	5	15	20
2	50	7	50	12	50	26	5	14	19
2	55	0	55	4	55	19	4	15	19
3	0	0	0	5	0	22	5	17	22
3	5	0	5	5	5	19	5	14	19
3	10	2	10	7	10	23	5	16	21
3	15	6	15	11	15	25	5	14	19
3	20	3	20	7	20	23	4	16	20
3	25	4	25	9	25	26	5	17	22
3	30	1	30	6	30	22	5	16	21
3	35	9	35	13	35	27	4	14	18
3	40	1	40	5	40	22	4	17	21
3	45	5	45	9	45	23	4	14	18
3	50	9	50	13	50	30	4	17	21
3	55	7	55	12	55	29	5	17	22
Tiempos Promedio							4.417	15.694	20.111

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

En función a los datos presentados en la Tabla 4- 6 se obtuvo el en el cual se obtuvo como resultado se ha obtenido que el tiempo promedio de carga de mensaje es de 4.417 segundos, el tiempo promedio desde él envió hasta la recepción es de 15.694 segundos y el tiempo total promedio de 20.111 segundos por mensaje enviado.

Gráfico 4- 1. Tiempo de mensajes



Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

4.1.5. *Funcionamiento general de ABI*

Para determinar el correcto funcionamiento de ABI se realizaron pruebas en las que se comprobó la entrega del canje en función al cumplimiento de los requisitos planteados al inicio de la investigación.

Con una muestra de 100 botellas evaluadas, como se muestra en la Tabla 4- 7 se observó que 80 cumplieron con los requerimientos previamente establecidos, es decir que se ingresó de forma correcta la tapa, la etiqueta de la botella misma que permite verificar si el plástico ingresado es de tipo PET y se cumplió que dicho sujeto no conste de peso adicional (líquidos o tapa) por tanto se ejecutó con éxito la entrega de canje en 80 ocasiones.

Por otra parte 20 botellas no cumplieron con los requerimientos del prototipo de las cuales 19 fueron expulsadas satisfactoriamente, pero debido a una medición errónea en el último proceso de verificación se procedió a una entrega incorrecta de canje.

Tabla 4- 7. Evaluación de botellas en función a los requerimientos y el canje.

Observaciones	Entrega canje	No entrega canje	Botellas Evaluadas
Cumple requerimientos	80	0	80
No cumple requerimientos	1	19	20
Total	81	19	100

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

En el Gráfico 4- 2 se representó el porcentaje de botellas que cumplieron con los requisitos, las cuales ocuparon el 80% por otro lado un 20% no cumplió con alguno de los parámetros preestablecidos.

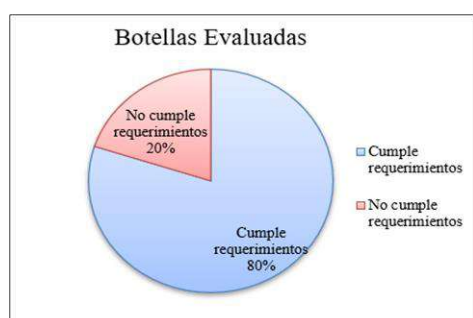


Gráfico 4- 2. Botellas evaluadas.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

En el Gráfico 4- 3 se muestra el porcentaje de canjes entregados satisfactoriamente, el cual alcanza el 100%, en función a los 80 individuos que fueron verificados con éxito.



Gráfico 4- 3. Entrega de canje correcto.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

En el Gráfico 4- 4 se muestra que de los 20 sujetos que no cumplieron con los requisitos, el 95% no recibió canje, el restante 5% recibieron un canje erróneo, pero antes de recibir dicha entrega se comprobó la entrada de la botella y la tapa en sus respectivos contenedores.



Gráfico 4- 4. Error en la entrega de canje.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

De las 20 botellas erróneas 5 lograron un canje debido a la ausencia de la tapa en la ranura correcta, 7 no contaban con etiqueta, 4 contenían un peso adicional y 4 de las botellas evaluadas pasaron los requerimientos anteriores, pero no fueron colocadas en la ranura indicada esto se debe a una falla del usuario, como se muestra en la Tabla 4- 8.

Tabla 4- 8. Botellas erróneas.

No cumple requerimientos	Botellas Incorrectas
Sin tapa	5
Sin etiqueta	7
Peso adicional	4
Usuario no coloca botella	4
Total	20

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

El Gráfico 4- 5 muestra que el 35% de las botellas ingresadas cumplían con el requerimiento de la tapa en la ranura indicada pero no existía la presencia de etiqueta, 25% no ingreso la tapa, 20% contenían un peso adicional y un 20% retiraron la botella después de realizada la verificación del plástico.

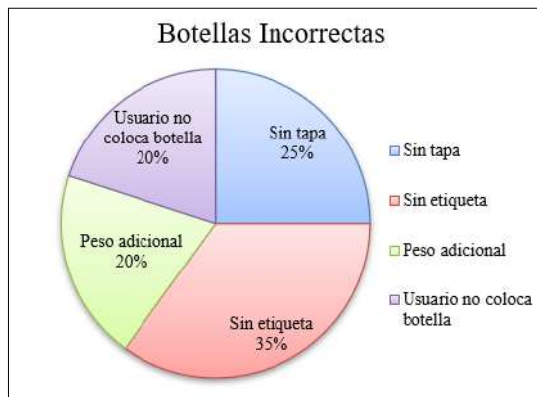


Gráfico 4- 5. Botellas incorrectas.

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

4.2. Prueba estadística para ABI

Para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo se aplicó la prueba estadística de Chi Cuadrado de Pearson, misma que se utilizó para demostrar la dependencia existente entre el cumplimiento de los requisitos y la entrega de canje, al lograr que estas dos variables fueran dependientes se cumplió los objetivos planteados al inicio de esta investigación.

Como primer paso se estableció la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1) donde se tiene que:

- H_0 : establece que la entrega de canje es independiente al cumplimiento de los requerimientos de funcionamiento de ABI.
- H_1 : establece que la entrega de canje es dependiente al cumplimiento de los requerimientos

de funcionamiento de ABI.

La Tabla 4- 7 conocida como tabla de contingencia muestra los valores reales o frecuencias observadas (F_o) las mismas que fueron utilizadas para obtener las frecuencias esperadas (F_e) mediante la ecuación 11 y que se muestran en la Tabla 4- 9.

$$F_e = \frac{\text{Total}_{\text{columnas}} * \text{Total}_{\text{Filas}}}{\text{Total}_{\text{muestra}}} \quad (11)$$

Tabla 4- 9. Frecuencias esperadas.

	canje	no canje	Total
cumple requerimientos	64.8	15.2	80
no cumple requerimientos	16.2	3.8	20
Total	81	19	100

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

El valor X^2 calculado se obtuvo al utilizar la ecuación 12.

$$X^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e} \quad (12)$$

El valor de X^2 crítico se obtuvo de la tabla de valores críticos de la distribución de chi cuadrado que se muestra en el ANEXO G, para lo cual fue necesario definir el nivel de significancia y los grados de libertad, que en este caso son los siguientes:

- Nivel de significancia (α): 0.05, el nivel de confiabilidad del estudio es del 95%
- Grados de libertad: (n): 1

En la Tabla 4- 10. se muestran los resultados tanto de chi cuadrado calculado, el crítico y como adicional P-value, con base en estos datos se rechazó H_0 pues el valor de X^2 calculado es mucho mayor al X^2 crítico, y el valor de P es mucho menor al nivel de significancia por tanto se acepta H_1 y se determina que la entrega del canje de ABI es dependiente del cumplimiento de los requisitos.

Tabla 4- 10. Resultados de la prueba X^2

CHI-SQUARE				
	<i>chi-sq</i>	<i>p-value</i>	<i>x-crit</i>	<i>sig</i>
Pearson's	93.82716049	3.4431E-22	3.84145882	yes

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

4.3. Análisis de costos

Los gastos que incurren en la construcción de ABI se muestran en la Tabla 4- 11 misma que contiene la lista de los materiales necesarios tanto mecánicos como electrónicos que componen a la máquina

Tabla 4- 11. Costo total.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Plancha de madera para estructura	1	\$50,00	\$50,00
2	Perfil de aluminio	2	\$5,00	\$10,00
3	Plancha de acrílico	1	\$25,00	\$25,00
4	Base de madera para plataforma móvil	1	\$10,00	\$10,00
5	Tornillo 59cm	1	\$15,00	\$15,00
6	Barra de acero 59cm	3	\$5,00	\$15,00
7	Rodamientos	2	\$1,50	\$3,00
8	Cuerda metálica	1	\$5,00	\$5,00
9	Impresión piezas 3D	13	\$7,00	\$91,00
10	Tornillo perforante	100	\$0,10	\$10,00
11	Pie de amigo	6	\$3,00	\$18,00
12	Ángulos	20	\$0,75	\$15,00
13	Bisagras	2	\$0,50	\$1,00
14	Tuerca para tornillo 59cm	1	\$0,50	\$0,50
15	Tuercas	100	\$0,08	\$8,00
16	Acople para taladro 1	1	\$8,50	\$8,50
17	Acople para taladro 2	1	\$13,00	\$13,00
18	Lija	4	\$0,50	\$2,00
19	Pintura	2	\$8,00	\$16,00
20	Base para pintura	1	\$4,00	\$4,00
21	Ruedas	4	\$5,00	\$20,00
22	Juego de puntas de desarmadores	1	\$10,00	\$10,00
23	Soprote cuadrado	1	\$4,00	\$4,00
24	Brochas	2	\$3,00	\$6,00
25	Raspberry Pi 4	1	\$115,00	\$115,00
26	Lector de código de barras Omnidireccional HS-2001B	1	\$90,00	\$90,00

27	Celda de carga 500g	1	\$20,00	\$20,00
28	KY-032	2	\$3,00	\$6,00
29	Diodo emisor	2	\$0,60	\$1,20
30	Diodo receptor	2	\$0,60	\$1,20
31	Transistor 2N222A	2	\$0,30	\$0,60
32	Diodo LED	2	\$0,10	\$0,20
33	Resistencias	10	\$0,10	\$1,00
34	Módulo SIM800 GSM/GPRS	1	\$17,00	\$17,00
35	Motor de engranaje de 25GA-370 12V / 100RPM DC	1	\$20,00	\$20,00
36	Motor reductor DC con caja reductora 1:48	1	\$2,00	\$2,00
37	Mini Motor 3-12V	1	\$3,00	\$3,00
38	Impresora HP DeskJet Ink Advantage 3789	1	\$80,00	\$80,00
39	Parlante	1	\$15,00	\$15,00
40	Fuente de PC AT	1	\$10,00	\$10,00
41	Puente H L298N	1	\$3,00	\$3,00
42	Puente H L298N mini	1	\$6,00	\$6,00
43	Transmisor de celda de carga HX711	1	\$5,00	\$5,00
44	Indicadores verdes	3	\$2,00	\$6,00
45	Indicadores rojos	3	\$2,00	\$6,00
46	Botón N/A	1	\$2,00	\$2,00
47	Cable Flexible	1	\$10,00	\$10,00
48	Terminales tubulares para cable	100	\$0,08	\$8,00
Total				\$788,20

Realizado por: Pino, Viviana & Tibán Geoconda, 2020.

CONCLUSIONES

- La recopilación bibliográfica realizada al inicio de esta investigación permitió reconocer las diferentes falencias que tienen cada una de las máquinas de reverse vending por lo tanto se decidió realizar la verificación de las botellas mediante dos sensores uno que identifique el código de barras y otro que determine si la botella presenta algún elemento dentro de la misma, adicional a esto todo el proceso se realiza de forma interna con el fin de evitar fraudes por parte del usuario
- Mediante una encuesta aplicada a un grupo de 48 estudiantes de la EIECRI de la ESPOCH se obtuvieron los datos suficientes para establecer el elemento de canje y en base a este definir los requerimientos del diseño que debe cumplir ABI.
- En base a la investigación realizada se compararon los dispositivos que conforman el funcionamiento de los sistemas de reverse vending estudiados y se seleccionó los elementos físicos e informáticos que mejor se adapten a los requerimientos planteados para el funcionamiento de ABI.
- El nivel de incertidumbre calculado para la celda de carga es de 0.01g el cual se obtuvo al aplicar la desviación estándar a un promedio de seis mediciones de seis botellas de la misma marca, este mismo proceso se aplicó a un total de 38 marcas de botellas, dando como resultado que el error obtenido en la medición de las botellas es el mismo que el marcado por el fabricante, y por tanto se determina que la lectura del peso es constante.
- Para validar el funcionamiento total de ABI se aplicó la prueba estadística de chi cuadrado con un nivel de confiabilidad del 95% con la cual se aceptó la hipótesis H1 la cual afirma que la entrega de canje es dependiente del cumplimiento de los requerimientos, esto se sustenta con los valores de chi cuadrado calculado mismo que es muchísimo mayor al crítico, adicional a esto el p value es muchísimo menor al nivel de significancia.
- Finalmente, se da cumplimiento al objetivo principal, realizar una máquina de canje automático con verificación electrónica, para botellas plásticas tipo PET al desarrollar un sistema electrónico en función al trabajo de sensores, una tarjeta controladora (raspberry pi), lector de código de barras, motores, alarmas, y al diseño mecánico, brindando una mejor experiencia y conocimiento para el usuario que vaya a manipular a ABI.

RECOMENDACIONES

- Para obtener un mejor tiempo en el desplazamiento se recomienda mejorar el diseño mecánico.
- Se recomienda que para futuras investigaciones se le permita al usuario elegir entre diversos canjes, ampliando la gama de elecciones.
- Se recomienda realizar un mayor número de pruebas para obtener mejores resultados.
- En el contenedor de las botellas se recomienda el diseño e implementación de un compresor que permite incrementar el espacio de almacenamiento para estos envases reduciendo el mantenimiento (vaciado del contenedor).
- Se recomienda investigar otros métodos de verificación que permitan el reconocimiento del plástico independientemente del estado del envase.
- Para la protección de la máquina y su correcto funcionamiento se recomienda ponerla en un lugar seguro

GLOSARIO

Raspberry Pi: se trata de una pequeña computadora, cuenta con las mismas funciones de un ordenador normal, pero con una capacidad y tamaño reducido, además posee pines GPIO que le permiten la conexión con sensores y actuadores, el sistema operativo denominado Raspbian permite el funcionamiento de la placa y el control de todos sus dispositivos (Fundación raspberry pi, 2018).

Drivers: Son dispositivos electrónicos que permiten entre varias de sus funciones la protección del motor en caso de picos de voltaje, corriente o cortocircuito; así como un manejo preciso y constante de la velocidad (RS PRO, 2018).

Raspbian: Sistema operativo (SO) basado en Debian, software libre proporcionado por Fundación Raspberry Pi, cuenta con todas las utilidades básicas de un SO más de 35000 paquetes, dos métodos de instalación: Entorno gráfico “NOOBS” o por Consola cuenta con múltiples lenguajes de programación, entre ellos Scratch o Python (Hassan, 2018 pp. 11-12).

Polietileno Tereftalato: Se define como un material de tipo lineal, el cual tiene una gran transparencia, dureza y resistencia frente al desgaste o a la presencia de productos químicos, forma parte de los materiales poliéster, por tal razón su tiempo de degradación es muy elevado en el ambiente natural (Arteplástica, 2017).

BIBLIOGRAFÍA

APARICIO CASTILLO, José Angel. “Control de motores 1”. *Universidad Técnica del Valle de Toluca*, nº 1 (2016), (México) pp. 4-8.

ARAGONESA DE PACKAGING. *Identificación de los plásticos por sus códigos* [blog]. 2016. [Consulta: 20 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/>.

ARAGONESA DE PACKAGING. *¿Qué son los termoplásticos?* [blog]. 9 de Septiembre, 2013. [Consulta: 18 de 10 de 2019.] Disponible en: <https://www.aristegui.info/que-son-los-termoplasticos/>.

ARAGONESA DE PACKAGING. *¿Qué es el PET?* [blog]. [En línea] 30 de Enero, 2018. [Consulta: 20 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.arapack.com/faq/que-es-el-pet/>.

ARDUINO. *arduino.cc* [blog]. 2019. [Consulta: 10 de Noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/main/software>.

ARTEPLÁSTICA. *El plástico PET para que se usa* [blog]. 27 de Julio, 2017. [Consulta: 20 de 10 de 2019.] Disponible en: <https://arteplastica.es/el-plastico-pet-para-que-se-usa/>.

BANNER. *Banner Engineering* [blog]. Agosto, 2016. Disponible en: <https://www.bannerengineering.com>.

BASTOS BOUBETA, Ana Isabel. *Distribución logística y comercial*. nº 1. Gesbiblo: 2007. (978-84-9839-200-5), pp. 47-60

BEGREENRECICLAJE. *Reverse Vending* [blog]. 2020. [Consulta: 4 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.begreenreciclaje.es/reverse-vending/>.

BIOBOX. *biobox.com.mx*. [blog] 2018. [Consulta: 27 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.biobox.com.mx/noticias/>.

BIOSCA AZCOITI, Javier. *Compra de botellas de plástico en la mayoría de vertederos.* [blog] 30 de Junio, 2017. [Consulta: 20 de Octubre de 2019.] Disponible en: https://www.eldiario.es/theguardian/compra-botellas-plastico-mayoria-vertederos_0_659684375.html.

BOGHEAN, Barry. *Chem Hog.* [blog] 30 de Agosto, 2005. Disponible en: <http://www.chemrat.com>.

BRANSFORD, Jhon & STEIN, Barry. *Solución ideal de problemas. Guía para mejor pensar, aprender y crear.* 1984.

BUSTAMANTE, Gladys. “Aproximación al muestreo estadístico en investigaciones científicas”. *La Paz : Revistas Bolivarianas*, (2011) (Bolivia). pp. 4-9.

CARDOSO TOTOY, Diego & VIZCAÍNO SALAZAR, Holger. Rediseño e implementación de la máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la Facultad de Mecánica [En línea].(Trabajo de Titulación) (Ingeniería) ESPOCH, Mecánica. Riobamba, Ecuador. 2015. Pp. 33-56 [Consulta: 17-09-2019.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4491/1/15T00605.pdf>

CARLINI'S BLOG. *Mandar y recibir sms con gammu en la raspberry* [blog]. 03 de abril, 2015. [Consulta: 16 de julio de 2020.] Disponible en: http://carlini.es/mandar-y-recibir-sms-con-gammu-en-la-raspberry-pi/?fbclid=IwAR0jKHwK2vz_0yWkUKUmoXc67qXYJPasTS8hVOwIEo0lFZkZ6AG1QQ8d8lQ.

CASTELLÓ, Vicente. *Localización y decodificación de códigos de barras en imágenes digitales.* Universitat Jaume I, Castellón de la Plana : 2005, pp. 35-50

CCM. *Estandar GSM sistema global de comunicaciones móviles* [blog]. 12 de diciembre, 2017. [Consulta: 17 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://es.ccm.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>.

COMPUTECNOIPERMEGARED. *Mecanismos de transmisión.* [blog] 2011. [Consulta: 17 de julio de 2020.] Disponible en: <https://computeconoipermegared.webnode.es/mecanismos-de-transmision-de-movimiento-/>.

DAGATRON. *Medir el consumo eléctrico* . [blog] 23 de Noviembre, 2017. [Consulta: 20 de 06 de 2020.] Disponible en: <http://www.dagatron.es/blog/ahorrar-electricidad-medir-el-consumo-electrico/>.

DE LOS SANTOS, Edgar. *La Importancia de reciclar plástico*. [blog] 12 de agosto, 2018. [Consulta: 4 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/la-importancia-reciclar-plastico-pet/>.

ECOINVENTOS. *Máquinas que te devuelven el dinero cuando reciclas*. [blog] 18 de mayo, 2019. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://ecoinventos.com/maquinas-que-te-devuelven-dinero-cuando-reciclas-espana/#:~:text=M%C3%A1quinas%20que%20te%20devuelven%20dinero%20cuando%20reciclas%20ya%20disponibles%20en%20Espa%C3%B1a,-18%20mayo%2C%202019&text=El%20reverse%20vending%2C%20pr%C3>.

E-DUCATIVA. *Tornillo-tuerca*. [blog] 2017. [Consulta: 30 de julio, 2020.] Disponible en: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1102/html/4_tornillotuerca.html.

ELCONFIDENCIALDIGITAL. *Principales retos en el sector de vending año 2019*. [blog] 12 de febrero, 2019. [Consulta: 4 de octubre de 2020.] <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/negocio/principales-retos-sector-vending-ano-2019/20190207164549121411.html>.

ELECTRONICASMD. *Drivers motores*. [blog] [Consulta: 10 de 03 de 2020.] Disponible en: <https://www.electronicasmd.com/productos/circuitos-integrados/drivers-motores/>.

EL TELÉGRAFO. *Máquina de reciclaje dañada*. [blog] 4 de julio, 2019. [Consulta: 17 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/maquinadereciclaje-metrovia-danada-usuarios>.

EL TELÉGRAFO. *El plástico invade el planeta*. [blog] 23 de octubre, 2018. [Consulta: 21 de octubre de 2019.] Disponible en: https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimo/1/plastico-invade-al-planeta?fbclid=IwAR0wKdgOI93v4ohEqr9rgFIFR98_MtxMaVRIXHs0_Jgn15BfAE0iK9nEkNU.

EL UNIVERSO. *Así puede canjear botellas plásticas en la metrovía.* [blog] 26 de junio, 2019. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/06/26/nota/7396398/asi-puede-usted-canjear-botellas-plasticas-pasajes-metrovia>.

ENCICLOPEDIA DE EJEMPLOS. *20 ejemplos de periféricos de entrada y salida.* [blog] 2019. [Consulta: 03 de 09 de 2020.] Disponible en: <https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-perifericos-de-entrada-y-salida/>.

ENCICLOPEDIA ECONÓMICA. *Bienes y servicios.* [blog] 2017-2019. [Consulta: 27 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://enciclopediaeconomica.com/bienes-y-servicios/>.

ENVACICLO. *Características y técnicas.* [blog] 2020. [Consulta: 4 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.envaciclo.com/caracteristicas-tecnicas>.

E-PULSE SERVICIOS DE INTERNET SL. *Motor paso a paso nema.* [blog] 2019. [Consulta: 05 de 11 de 2019.] Disponible en: <https://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/546-motor-paso-a-paso-nema-17-32kg-cm.html>.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA. *Identificación de plásticos.* Bogotá : 2008, pp. 10-17

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. *Plásticos.* Bogotá : Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2007, pp. 20-26

ESPINOSA BECERRIL, Felipe. *Conceptos y clases de dispositivos electrónicos.* [blog] 29 de octubre, 2013. [Consulta: 4 de enero de 2020.] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/179966046/Concepto-y-clases-de-dispositivos-electronicos>.

FUNDACIÓN RASPBERRY PI. *Raspberry Pi Foundation.* [blog] [Consulta: 03 de 03 de 2020.] <https://www.raspberrypi.org/downloads/>.

GOBIERNO DE ARAGÓN. *Espectro visible.* [blog] Octubre, 2016. [Consulta: 18 de Octubre de 2019.] Disponible en: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/21_espectro_visible.html.

GS1 COLOMBIA. *Guía de indentificación.* [blog] 2019. [Consulta: 20 de 10 de 2019.] https://www.gs1co.org/Portals/0/Contenido/DocumentosDQ/Guia_de_Identificacion.pdf?fbclid=IwAR15RD2Mn4eDUkVNcA_2zW69MoeS7KykNU46Zvu5NhIwHw3F6OdaMUOT7wY.

GS1 ECUADOR. *GS1 Ecuador.* [blog] 2016 [Consulta: 30 de octubre de 2019.]. Disponible en: <http://gs1ec.org>.

GS1 MEXICO. gs1mexico.org. [En línea] 2019. [Consulta: 30 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.gs1mexico.org/codigo-de-barras-2018?fbclid=IwAR3uc330EF5mB643J3LuWBknpTRDBZh4nL9AFBP78SFcAFbOk13m56Nbf3Q>.

HASSAN, Qusay. *Internet of Things A to Z.* Wiley-IEEE Press, 2018. (1119456746), pp. 35-40

HLP KLEARFOLD. *¿Qué es el plástico?.* [blog] 19 de Septiembre, 2018. [Consulta: 20 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://hlpklearfold.es/que-es-el-plastico-pet/>.

HOSTELVENDING. *Reverse vending recoger, reducir, reutilizar.* [blog] 2019. [Consulta: 4 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://www.hostelvending.com/noticias-vending/especial-reverse-vending-recoger-reducir-reutilizar>.

INFORMATICAMODERNA. *Redes WIFI.* [blog] 2019. [Consulta: 17 de noviembre de 2019.] Disponible en: http://www.informaticamoderna.com/Redes_wifi.htm.

INFRANETWORKING. *Crear base de datos mysql.* [blog] 16 de abril, 2019. [Consulta: 22 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://blog.infranetworking.com/crear-base-de-datos-mysql/>.

INGENIERÍA MECAFENIX. *Galga extensiométrica.* [blog] 27 de abril, 2017. [Consulta: 17 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/galga-extensiometrica/>.

INGENIERÍA SOPORTE. *Comunicación serial raspberry.* [blog] 2 de agosto, 2018. [Consulta: 16 de julio de 2020.] Disponible en: https://www.sigmaelectronica.net/comunicacion-serial-raspberry-pi/?fbclid=IwAR0jKHwK2vz_0yWkUKUmoXc67qXYJPasTS8hVOwIEo0lFZkZ6AG1QQ8d81Q.

INNOVADELUXE DISEÑO Y DESARROLLO WEB S.L. *Lector código de barras.* [blog] 25 de julio, 2019. [Citado el: 16 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.innova-commerce.com/lector-codigo-barras/>.

JIMÉNEZ , Elvira. *¿Cuánto plástico hay en el mundo?* [blog] 21 de julio, 2017. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <http://www.greenpeace.org/espana/es/Blog/cunto-plastico-hay-en-el-mundo/blog/59905/>.

JUNTA DE ANDALUCÍA. *Piñón-cremallera* [blog]. 2017. [Consulta 10 de agosto de 2020.] Disponible en: http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/17112010/14/es-an_2010111713_9124208/ODE-ec614581-a30b-3502-b7c4-e6bab3449b5f/1_pincremallera.html.

LEDOVET. *Tipos de sensores de movimiento.* [blog] 23 de febrero, 2018. [Consulta: 16 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.ledovet.com/tipos-de-sensores-de-movimiento/>.

LLAMAS, Luis. *Cómo instalar mariadb en raspberry pi.* [blog] 19 de Octubre, 2019. [Consulta: 25 de Diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.luisllamas.es/como-instalar-mariadb-en-raspberry-pi/>.

LLAMAS, Luis. *Cómo instalar phpmyadmin en raspberry pi.* [blog] 2 de Noviembre, 2019. [Consulta: 25 de Diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.luisllamas.es/como-instalar-phpmyadmin-en-raspberry-pi/>.

LLAMAS, Luis. *Cómo montar un servidor web apache en raspberry pi.* [blog] 25 de junio, 2019. [Consulta: 25 de diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.luisllamas.es/como-montar-un-servidor-web-apache-en-raspberry-pi/>.

LLIVE BASTIDAS, Fabián & MEJÍA MENA, Diego. Diseño, simulación y estudio de la factibilidad de implementar una máquina de reciclaje de botellas plásticas en la Escuela Politécnica Nacional. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Politécnica Nacional, Mecánica. Quito, Ecuador. 2016. pp. 23-56 [Consulta: 17 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16719/1/CD-7318.pdf>.

MASADELANTE. *Masadelante*. [blog] 2018. [Consulta: 10 de diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.masadelante.com>.

MENDOZA TAQUIRE, Joan. *Mecanismos de transmisión*. [blog] 2017. [Consulta: 15 de julio de 2020.] Disponible en: https://www.academia.edu/21768207/MECANISMOS_DE_TRANSMISI%C3%93N.

MENÉNDEZ SÁNCHEZ, Javier. *Te pagan por reciclar conoce el reverse vending* [blog] 17 de diciembre, 2019. [Consulta: 4 de octubre de 2020.] Disponible en: <https://blogthinkbig.com/te-pagan-por-reciclar-conoces-el-reverse-vending>.

METROMEXICO. *¿Cómo elegir un lector de código de barras?*. [blog] 2019. [Consulta: 17 de noviembre de 2019.] Disponible en: <http://www.metrologicmexico.com/elemento.php?var=257>.

MHEDUCATION. *Máquinas y Mecanismos*. [blog] McGraw-Hill, 2016. [Consulta: 17 de julio de 2020.] Disponible en: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844861626X.pdf>.

MICROSOFT. *microsoft.com*. [blog] 2019. [Consulta: 10 de diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.microsoft.com>.

MICHELINI, Zelmar. *El plástico es el material más utilizado en el mundo y debe ser reciclado advirtió la ONU*. [blog] 6 de junio, 2018. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://www.elpais.com.uy/vida-actual/plastico-usado-mundo-recicla-advirtio-onu.html>.

MONCADA, Maribel. *Iniciativa para disminuir contaminación en mares y ríos*. [blog] 12 de febrero, 2019. [Consulta: 21 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/02/12/nota/7186112/iniciativas-disminuir-contaminacion-mares-rios-ecuador?fbclid=IwAR2ezb3BZQlaP8jKKQ49UpdwS8jVWunkCtuhVHiUJkAZzLxE7VbmFjG5mDk>.

MOYA FERNÁNDEZ, Francisco. *Taller de raspberry pi.* [blog] 17 de enero, 2017. [Consulta: 16 de julio de 2020.] Disponible en: <https://franciscomoya.gitbooks.io/taller-de-raspberry-pi/content/es/elems/uart.html>.

MULLER, Max. *Fundamentos de administración de inventarios.* Norma, 2005 (9580484570, 9789580484578), pp. 37-43.

NATIONAL GEOGRAPHIC. *Innovación y reciclaje.* [blog] 14 de febrero, 2019. [Consulta: 20 de octubre de 2019.] Disponible en: https://www.nationalgeographic.com/es/mundo-ng/actualidad/innovacion-y-reciclaje-2_13839.

NQA . *Electronics & telecommunications* [blog] 2019. [Consulta: 6 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.nqa.com/es-es/certification/sectors/electronics-telecommunications>.

PASCOE, R. D. *Sorting of Waste Plastics for Recycling.* RAPRA, 2000, p. 7.

PELEGRÍ SANTAMARÍA, Francisco. *Lectura y gestión de códigos de barras con microcontroladores.* [blog] enero, 2007. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://docplayer.es/11364896-Lectura-y-gestion-de-codigos-de-barras-con-microcontrolador.html>.

PÉREZ, Julián. *Definición de automático* [blog] 2009. [Consulta: 27 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://definicion.de/automatico/>.

PÉREZ, Julián. *Definición de canje* [blog] 2017. [Consulta: 27 de Octubre de 2019.] Disponible en: <https://definicion.de/canje/>.

TORRES GARCÍA, Fernando. “Polímeros: Procesos de manufactura y diseño”. *Pontificia Universidad Católica del Perú*, Vol. XIII ,(1999), (Perú) pp. 58-60.

MENDIVELSO, Fredy & RODRÍGUEZ , Milena. “Prueba chi-cuadrado de independencia aplicada a tablas 2x2”. *Revista Médica Sanitas*, Vol. 21, (2018)

PSYMA. *Determinar el tamaño de una muestra.* [blog] 2019. [Consulta: 09 de diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>.

PYTHON. *python.org* [blog] 2019. [Consulta: 12 de Noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.python.org/>.

QUIMINET. *Usos y aplicaciones del polietileno tereftalato.* [blog] 14 de mayo, 2010. [Consulta: 20 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-polietileno-tereftalato-pet-42703.htm>.

QUIMINET. *¿Qué son los interruptores finales de carrera?* [blog] 24 de abril, 2006. [Consulta: 17 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/que-son-los-interruptores-finales-de-carrera-7838.htm>.

RECICLARIO. *Botellas de agua mineral* [blog] 30 de agosto, 2012. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <http://reciclario.com.ar/reciclable/botellas-de-agua-mineral/>.

RECIMEX. *Recimex.* [blog] 10 de noviembre de 2016. [Consulta: 18 de octubre de 2019.] Disponible en: <http://www.recimex.com.mx>.

RECYTRANS. *Recytrans.* [En línea] 2017. [Consulta: 18 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.recytrans.com>.

REVERSE VENDING. *Reversevending.co.* [blog] 2018. [Consulta: 01 de noviembre de 2019.] <http://www.reversevending.co.uk/>.

REVERSE VENDING SPAIN. *reversevendingspain.* [blog] abril, 2018. [Consulta: 05 de noviembre de 2019.] Disponible en: <http://www.reversevendingspain.com/wp-content/uploads/2018/04/CATALOGO-maquinas-reversevending-reverse-1-1.pdf>.

ROMAN BUENO, Juliana Carolina & GONZALEZ MANTILLA, Kelly Johanna. *Sistemas embebidos y Hardware libre*(Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2015. pp. 34-45

RS PRO. *Controladores para Motores DC.* [blog] [Consulta: 7 de abril de 2020]]Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/c/automatizacion-y-control-de-procesos/motores-electricos-controladores-de-motor-y-perifericos/controladores-para-motores-dc/>.

RUEDA, Charo. *Máquinas que dan dinero por reciclar plástico las queremos en España.* [blog] 7 de febrero, 2018. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://blogs.20minutos.es/capeando-la-crisis/2018/02/07/maquinas-que-dan-dinero-por-reciclar-botellas-de-plastico-las-queremos-en-espana/>.

RVMSYSTEMS. *Acerca de nosotros.* [blog] 2019. [Consulta: 5 de septiembre de 2019.] Disponible en: <https://www.rvmsystems.com/about-us/>.

SÁNCHEZ UZÁBAL, Alfonso. *Autonomía digital y tecnológica. Autonomía digital y tecnológica.* [blog] 20 de septiembre, 2018. [Consulta: 20 de junio de 2020.] Disponible en: <https://voragine.net/linux/sistema-impresion-linux-debian-cups-hplip>.

SANDORBOTICS. *Sandorobotics.* [blog] 2019. [Consulta: 20 de mayo de 2020.] Disponible en: <https://sandorobotics.com/producto/rsp-3a5c/#:~:text=Debido%20a%20los%20mayores%20requisitos,probada%20para%20Raspberry%20Pi%204..>

SANDOVAL ESCOBAR, Diego & USHIÑA FUENTES, Víctor. Diseño y construcción de un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET de 400 a 500 ml. y latas de aluminio de 330 a 350 ml. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) ESPE, Mecánica. Sangolquí, Ecuador. 2011. pp. 34.45 [Consulta: 17 de septiembre de 2019.] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/5203>.

SOFTWARE GURU. *sg.com.mx.* [blog] 2013. [Consulta: 23 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://sg.com.mx/content/view/310>.

SUPERROBOTICA. *Motores reductores.* [blog] 3 de abril, 2019. [Consulta: 03 de noviembre de 2019.] Disponible en: <http://www.superrobotica.com/motoresdc.htm>.

TERCESA SL. *Motor de corriente continua; tipos y partes.* [blog] 2019. [Consulta: 2 de mayo de 2020.] Disponible en: <https://tercesa.com/noticias/motor-de-corriente-continua-tipos-y-partes/>.

TOMRA. *Acerca del reverse vending* [blog] 2019a [Consulta: 27 de octubre de 2019.] <https://www.tomra.com/en/collection/reverse-vending/about-reverse-vending>.

TOMRA. *T-9.* [blog] 2019c [Consulta: 28 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.tomra.com/en/collection/reverse-vending/reverse-vending-machines/front-end/t-9>.

TOMRA. *T-715* [blog] 2019d [Consulta: 28 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://www.tomra.com/en/collection/reverse-vending/reverse-vending-machines/front-end/t-705>.

TRITUBOT. *Los Equipos.* [blog] 2019. [Consulta: 27 de octubre de 2019.] Disponible en: <https://tritubot.com/los-equipos/>.

UNIWEBSIDAD. *Módulos de sistema.* [blog] 2020. [Consulta: 25 de septiembre de 2020.] Disponible en: <https://uniwebsidad.com/libros/python/capitulo-10/modulos-de-sistema>.

VILLALBA, Erva. *Mecanismos de Transmisión.* [blog] 2008. [Consulta: 17 de julio de 2020.] Disponible en: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>.



FIGURA 4.20: IDENTIFICACIÓN DEL
JHONATAN RODRIGO
FARRERO OQUILLAS



28-10-2020

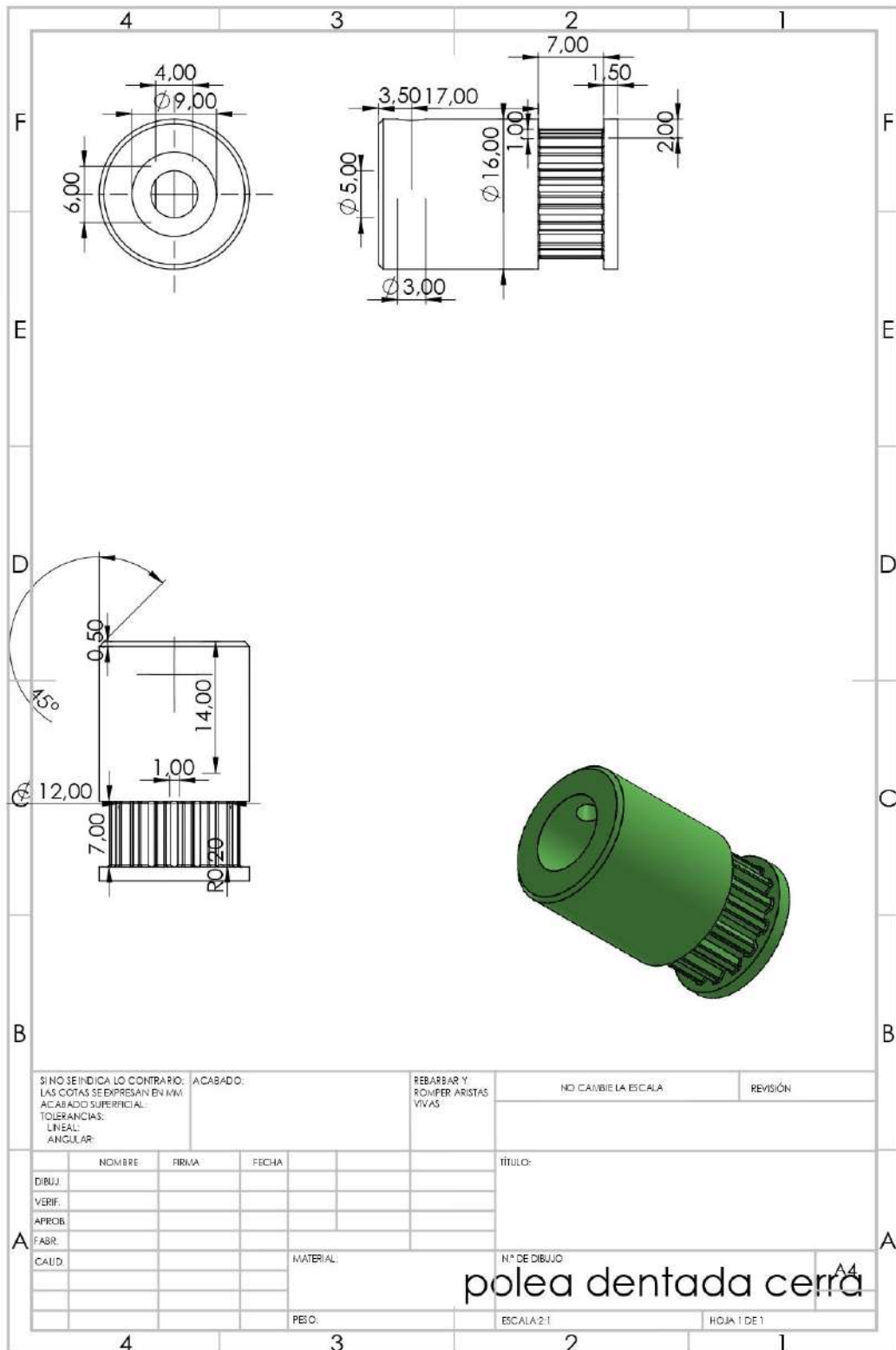
424-DBRAI-UPT-2020

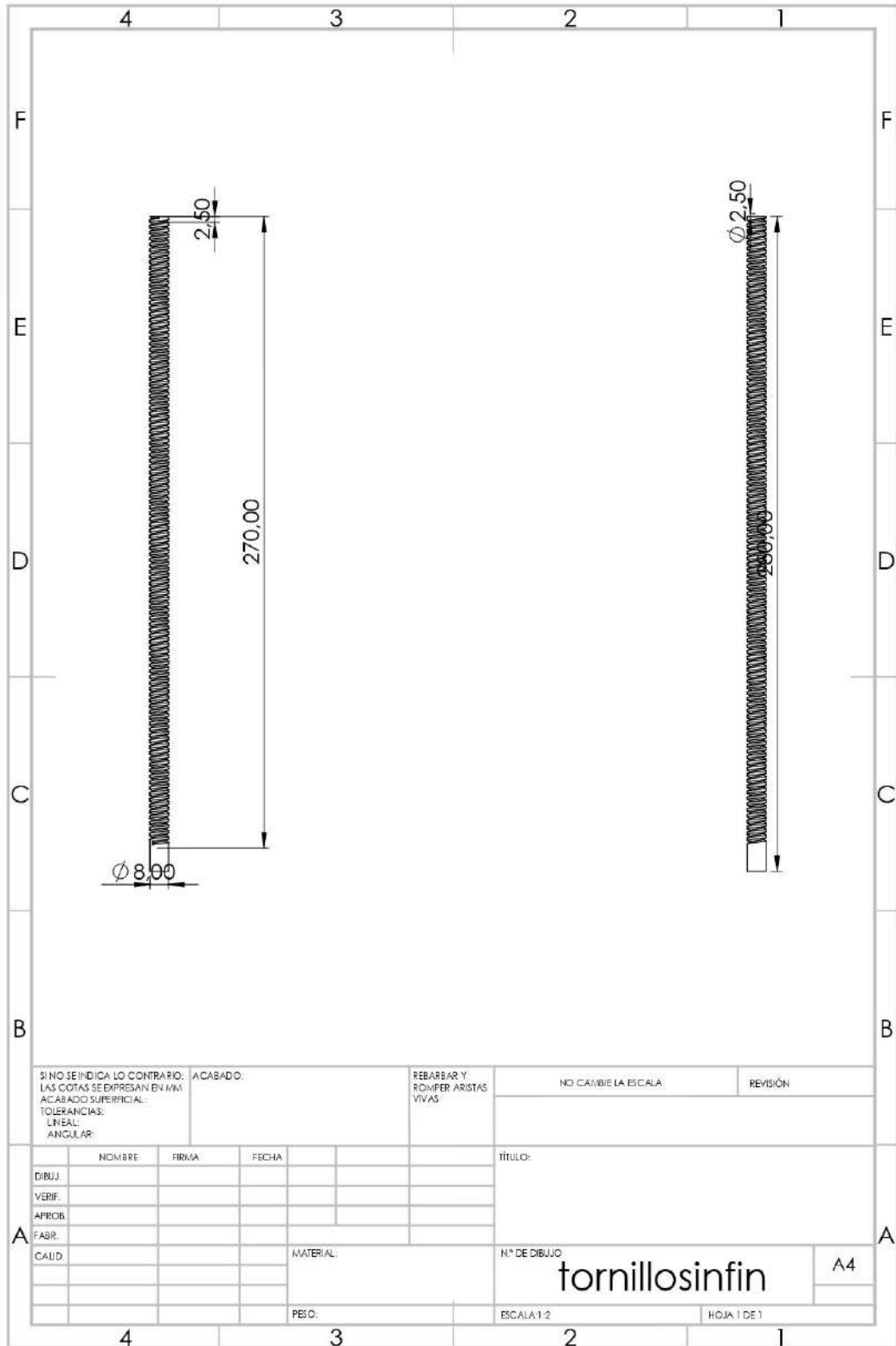
ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA MODELO PARA DEFINIR TIPO DE CANJE.

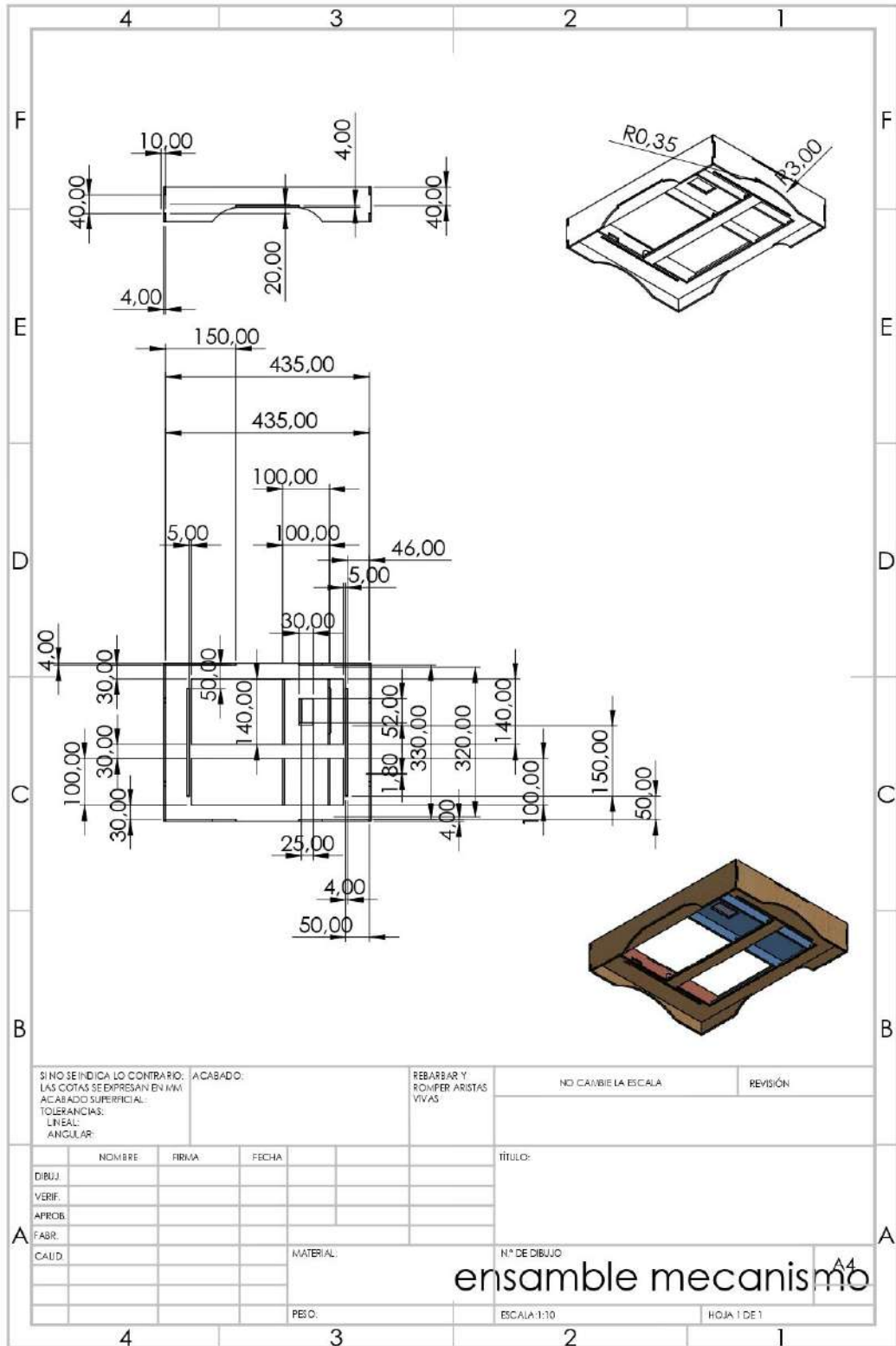
ENCUESTA	
EDAD:	
La presente encuesta tiene como objetivo conocer la preferencia de los estudiantes de la EIECRI ante un tipo de canje con botellas de bebidas en envases plásticos.	
Marque con una x el elemento que le gustaría recibir a cambio de un envase plástico vacío de una botella.	
• Hoja de papel bond	()
• Hoja de papel a cuadros perforada	()
• Caramelo	()
• Galleta para perro	()

ANEXO B. PLANOS MÓDULO DE ENTRADA





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CAUD.					MATERIAL:	N° DE DIBUJO		A4	
						tornillosinfin			
					PELO:	ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CAUD.			

TÍTULO:

ensamble mecanismo

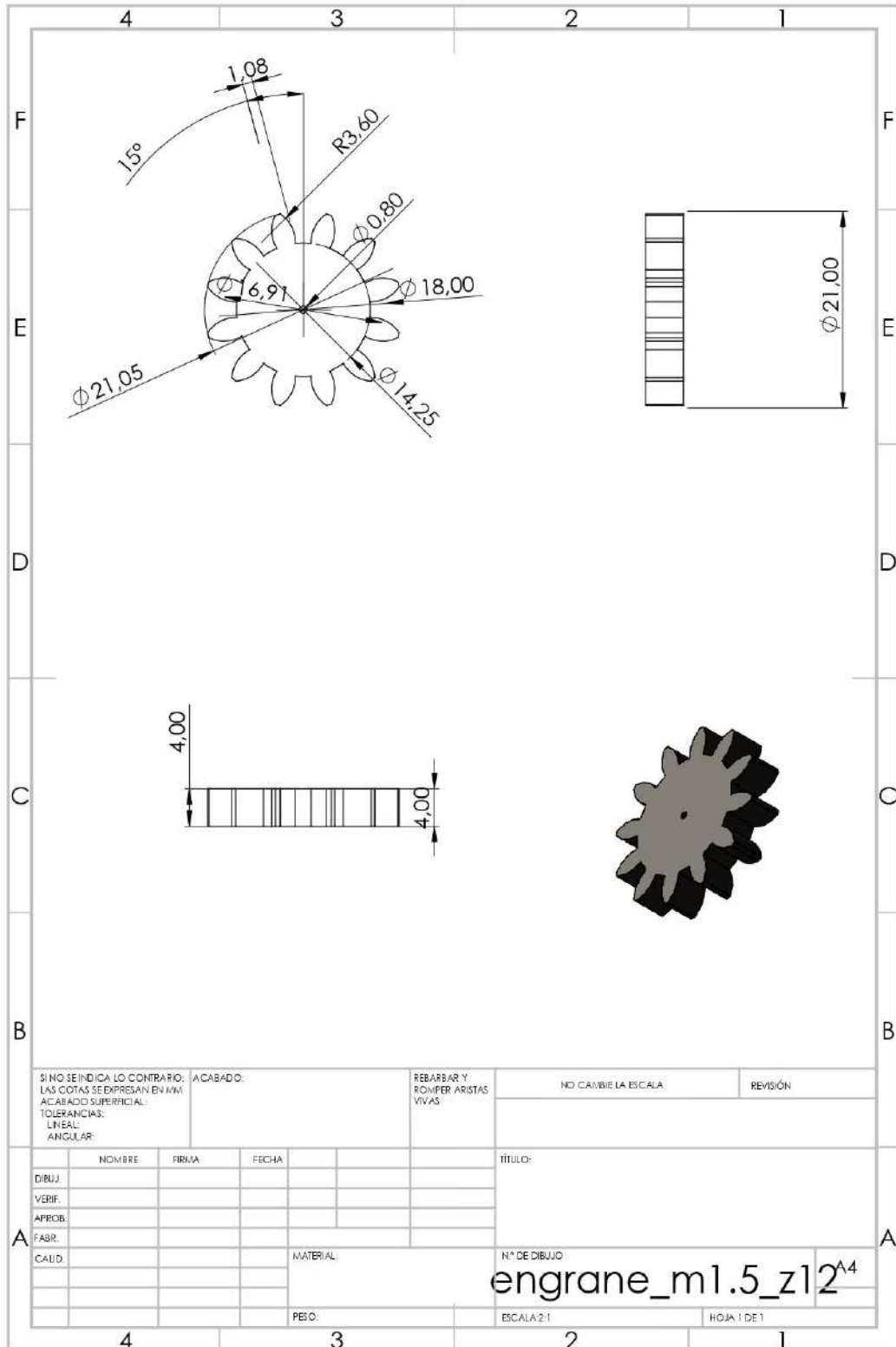
N° DE DIBUJO

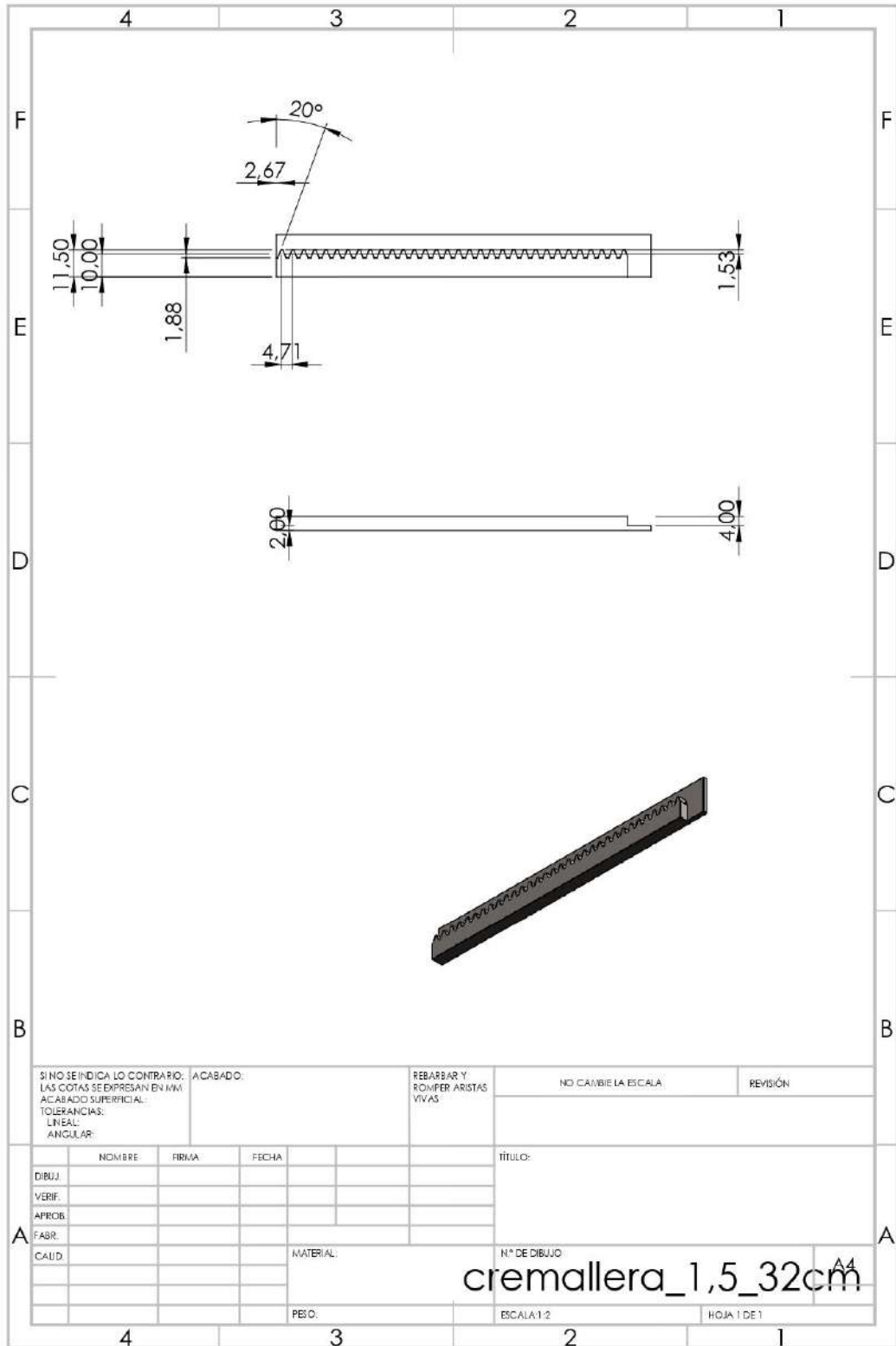
A4

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

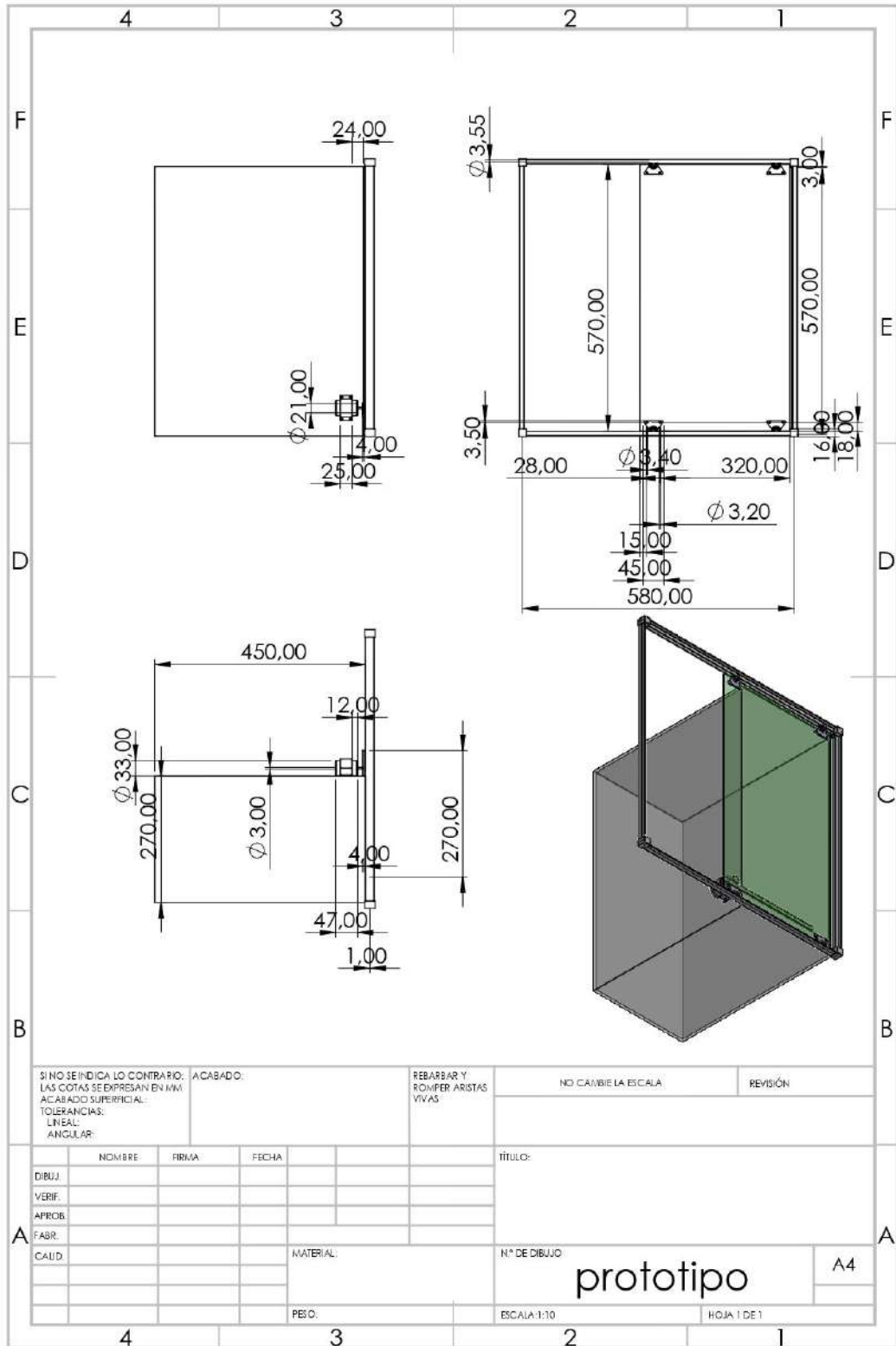
ANEXO C. PLANOS MÓDULO DE INGRESO





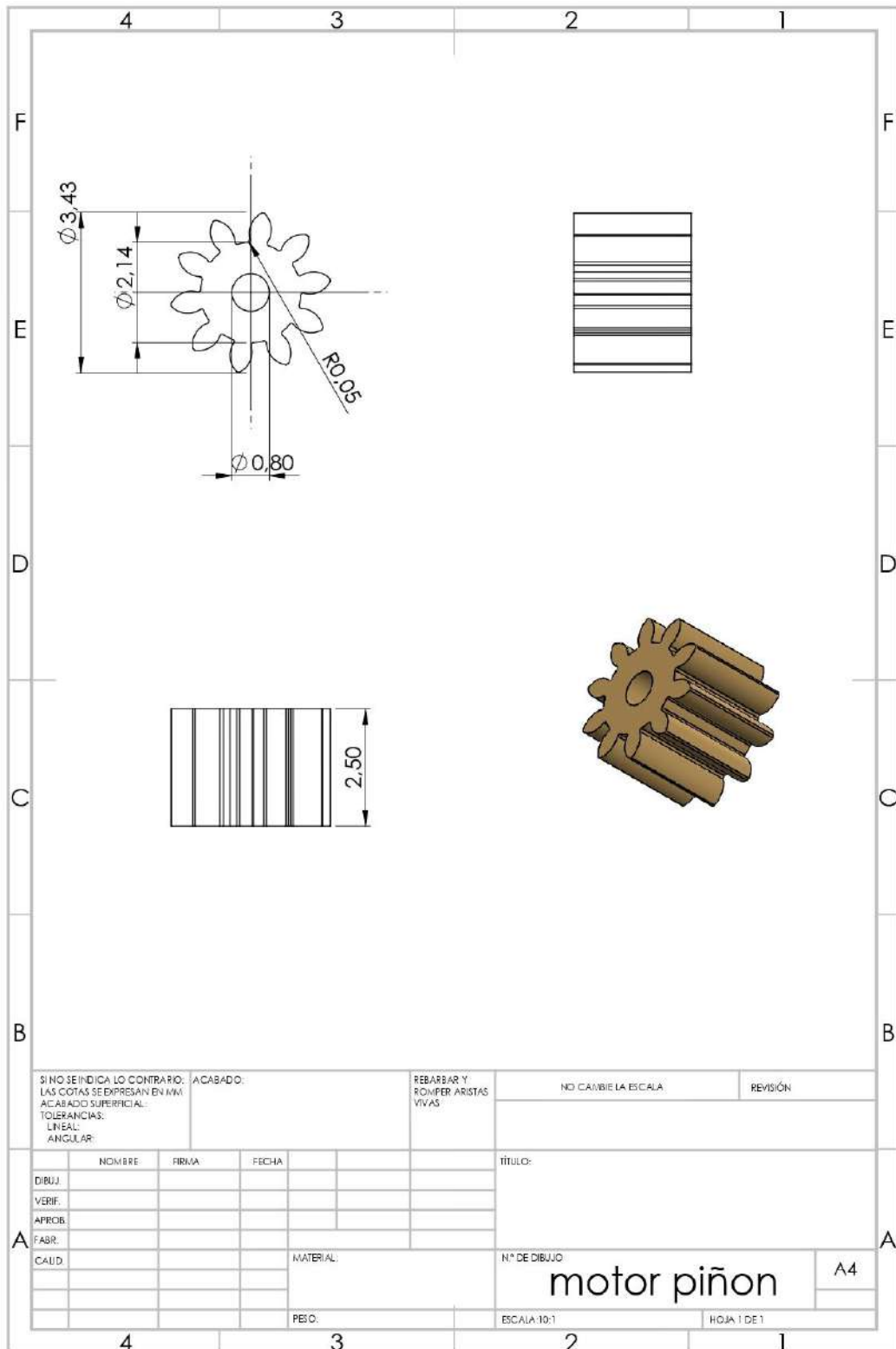
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.				MATERIAL:	N° DE DIBUJO
					AA
				PEIC:	ESCALA: 1:2
					HOJA 1 DE 1

cremallera_1,5_32cm

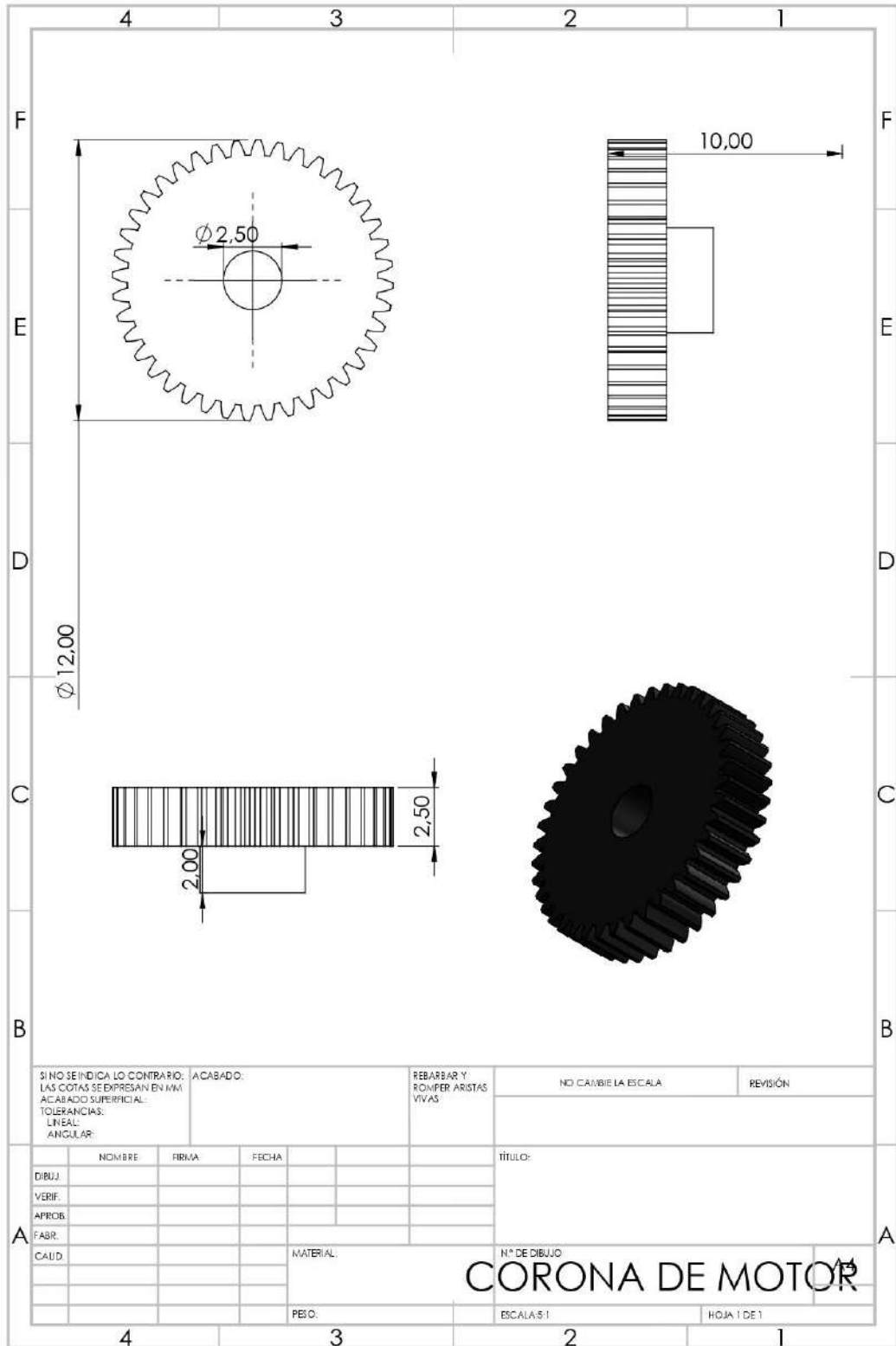


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL:									
TOLERANCIAS:									
LINEAL:									
ANGULAR:									
DIBUJ.		NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CAUD.					MATERIAL:	N° DE DIBUJO		A4	
						prototipo			
					PEIC:	ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1	

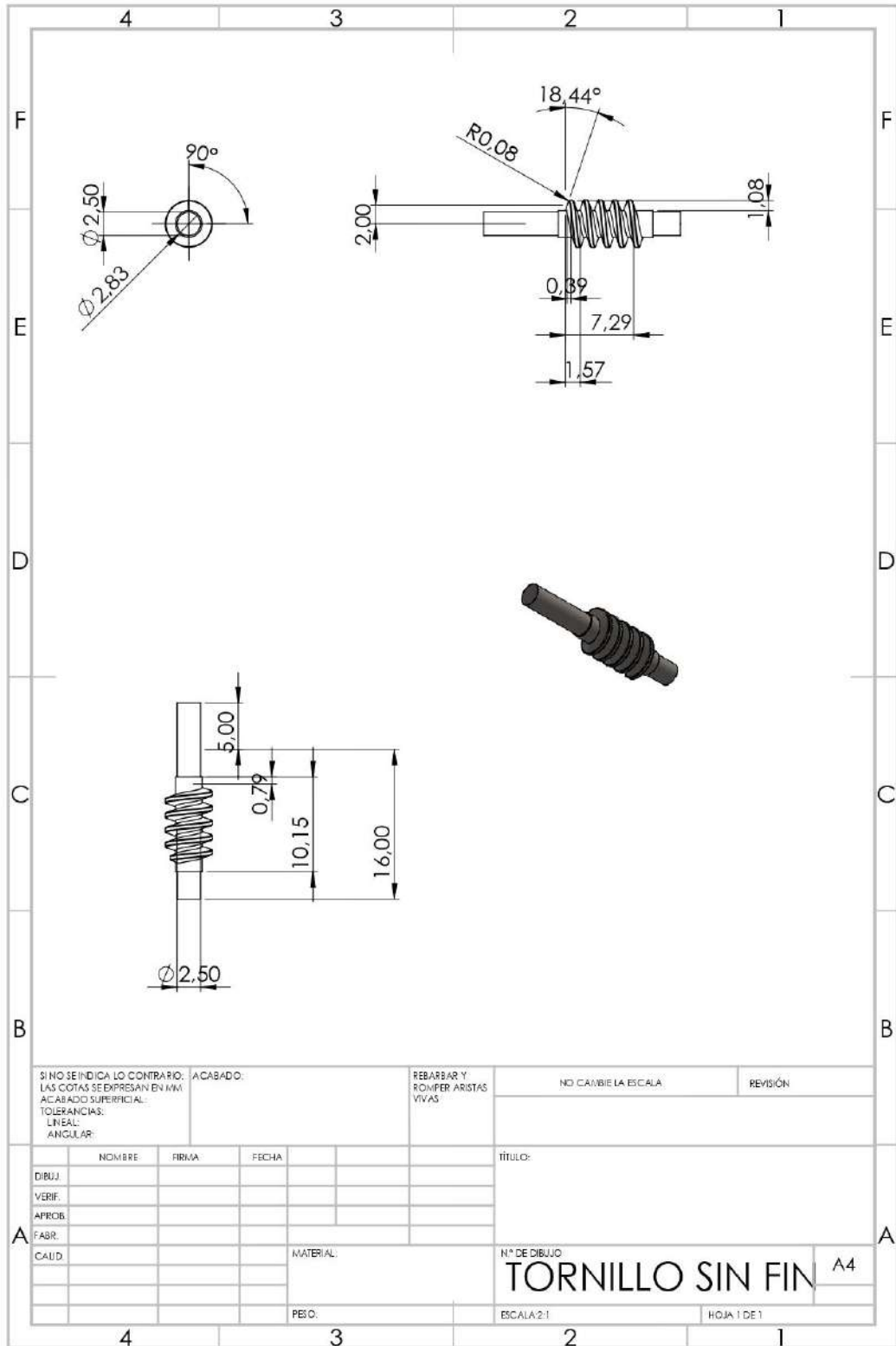
ANEXO D. PLANOS MÓDULO DE EXPULSIÓN



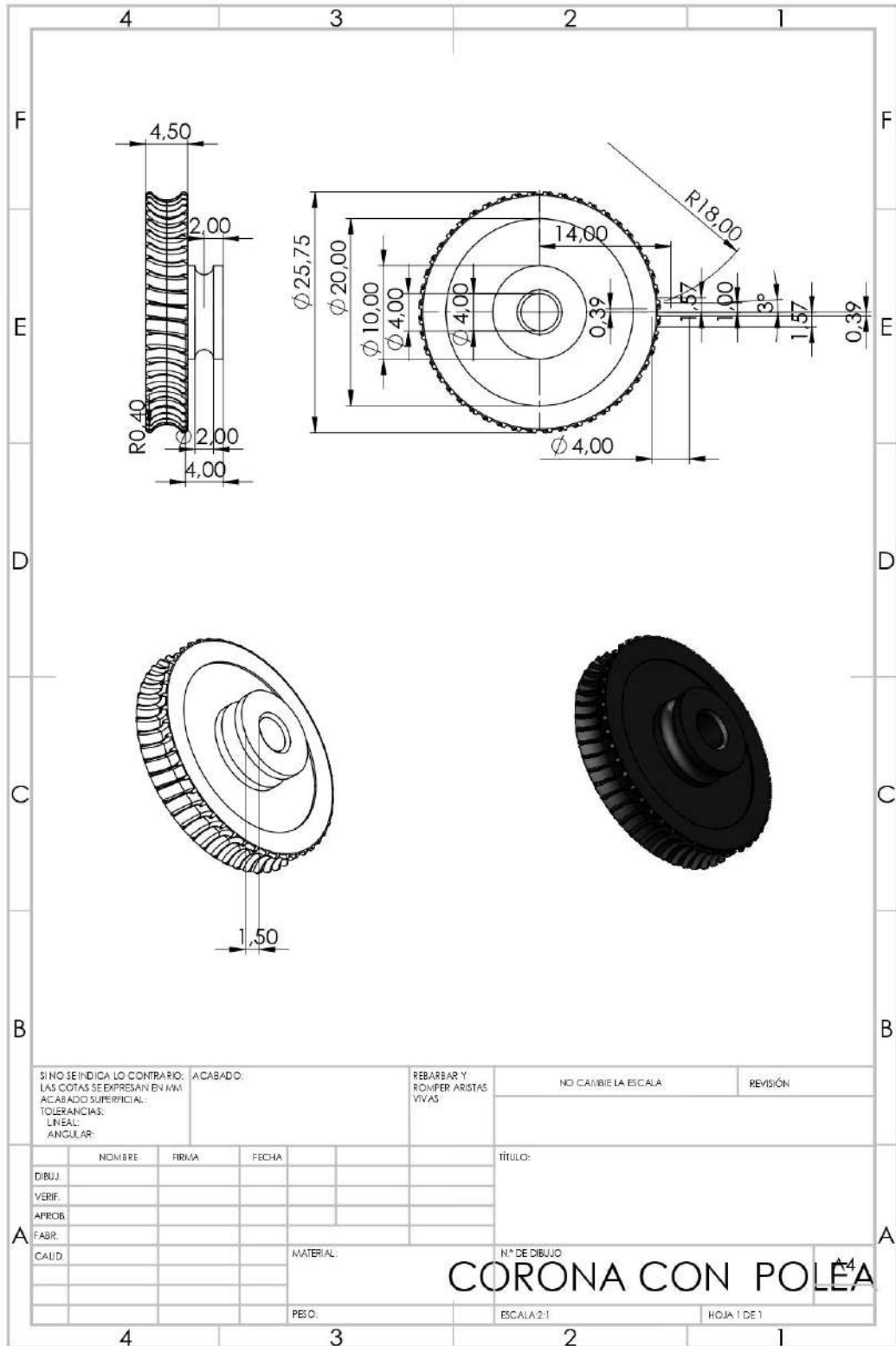
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																								
<table border="1"> <tr> <td>NOMBRE</td> <td>FIRMA</td> <td>FECHA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIBUJ.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>VERIF.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>FABR.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CAUD.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA		DIBUJ.				VERIF.				APROB.				FABR.				CAUD.				TÍTULO:		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
DIBUJ.																														
VERIF.																														
APROB.																														
FABR.																														
CAUD.																														
MATERIAL:				Nº DE DIBUJO		A4																								
PEIC:				ESCALA 10:1		HOJA 1 DE 1																								



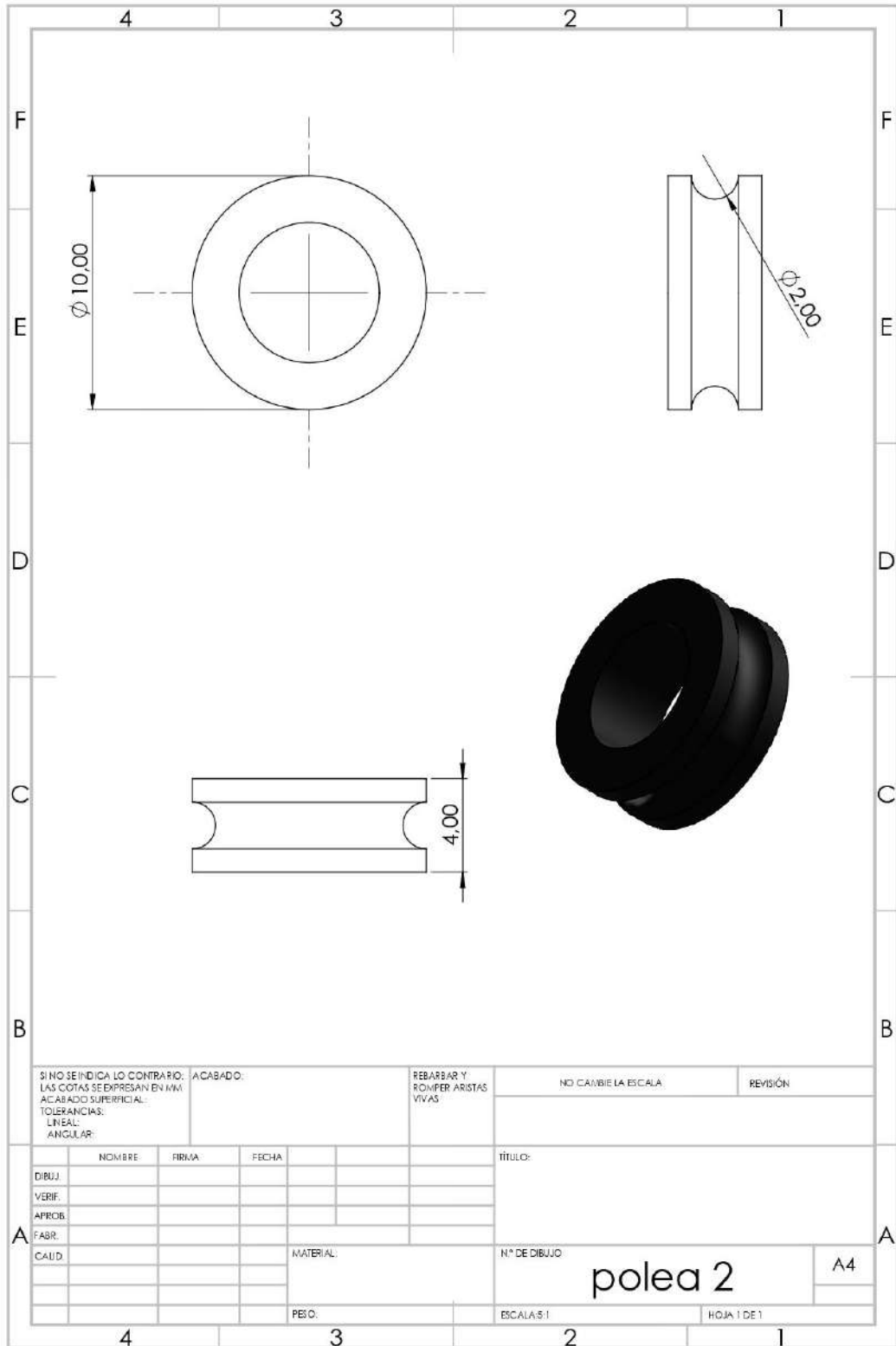
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAID.			MATERIAL:	N° DE DIBUJO	
				CORONA DE MOTOR	
			PEIC:	ESCALA: 1	HOJA 1 DE 1

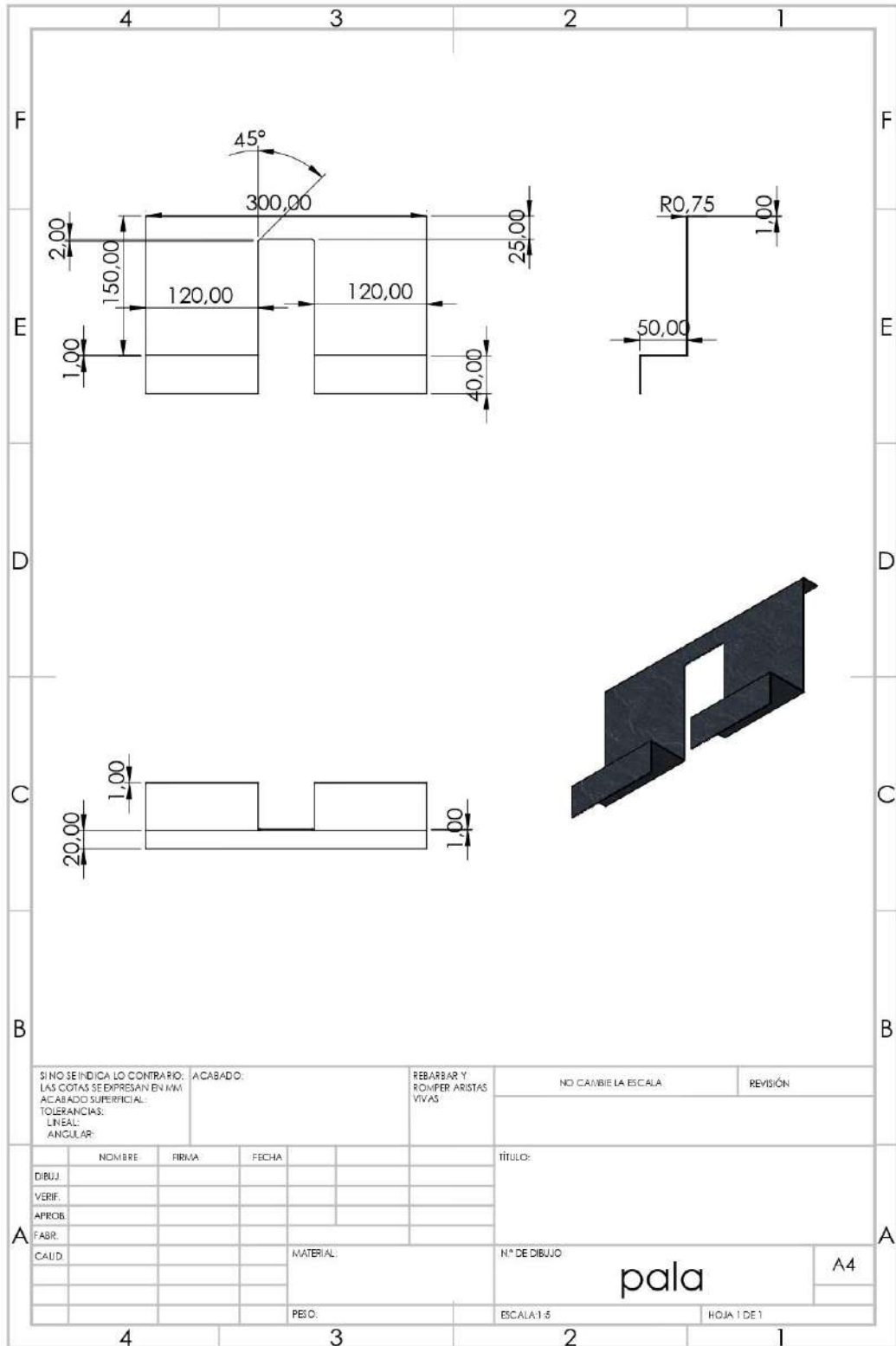


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.			MATERIAL:	N° DE DIBUJO	
				TORNILLO SIN FIN A4	
			PEIC:	ESCALA: 2:1	HOJA 1 DE 1

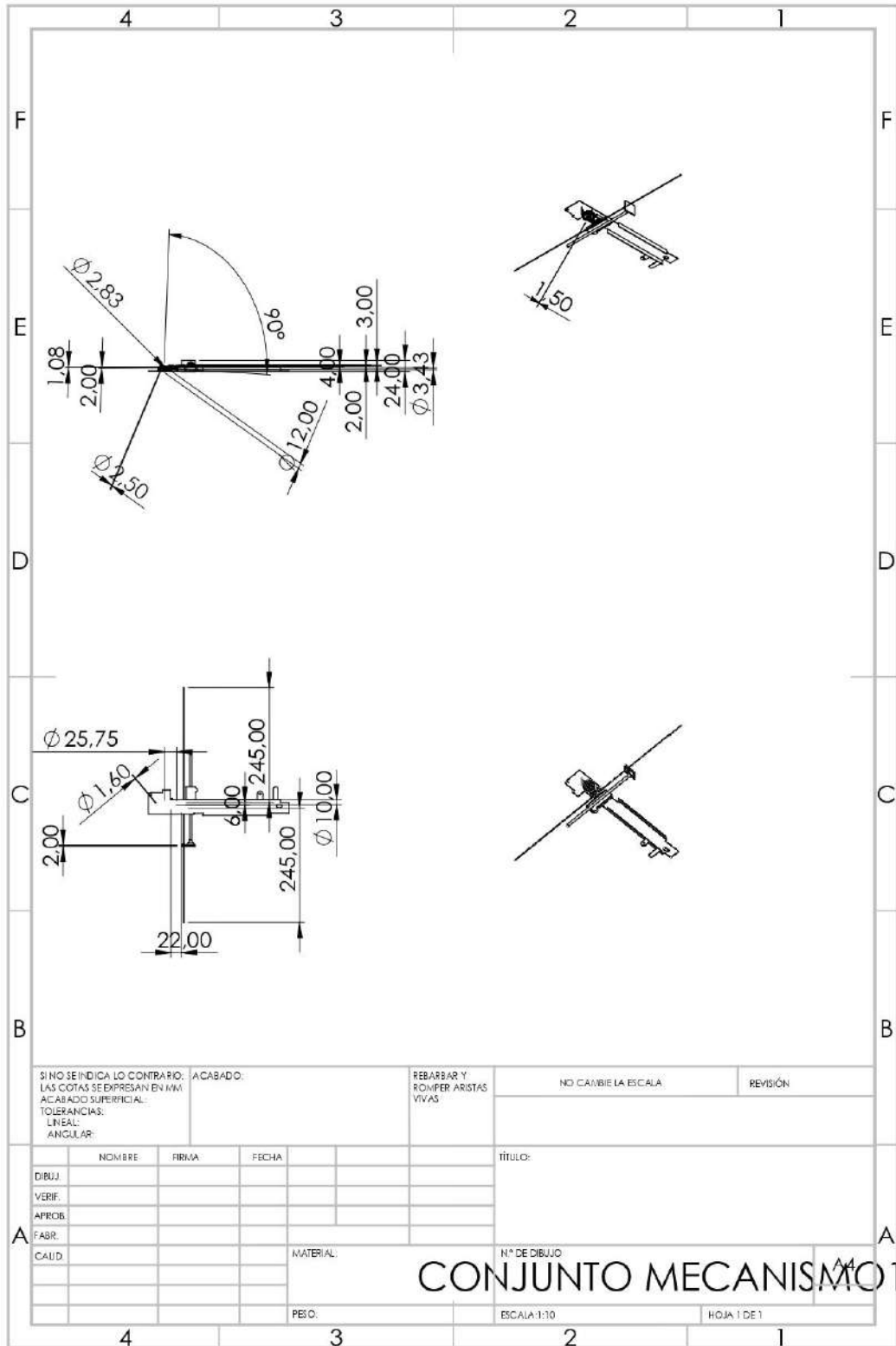


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	PEBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAID.					
			MATERIAL:	N° DE DIBUJO	
				CORONA CON POLEA	
			PEO:	ESCALA: 2:1	HOJA 1 DE 1





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO, LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL:									
TOLERANCIAS:									
LINEAL:									
ANGULAR:									
DIBUJ.		NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:				
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CAUD.				MATERIAL:	N° DE DIBUJO		pala		A4
				PEIC:	ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:
 PEBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CAID.			

TÍTULO:	
CONJUNTO MECANISMO	
ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1

A

A

ANEXO E. SCRIPT PESO

```
#!/usr/bin/python2
import time
import sys
EMULATE_HX711=False
referenceUnit = 1
if not EMULATE_HX711:
    import RPi.GPIO as GPIO
    from hx711 import HX711
else:
    from emulated_hx711 import HX711
def cleanAndExit():
    print("Cleaning...")
    if not EMULATE_HX711:
        GPIO.cleanup()
    print("Bye!")
    sys.exit()
hx = HX711(5, 6)
hx.set_reading_format("MSB", "MSB")
#VALOR DE REFERENCIA 680082.222 CON UN PESO DE 225G
# VALOR DE reference_unit = div 680082/225
hx.set_reference_unit(3022.58765)
hx.reset()
hx.tare()
#print("Tare done! Add weight now...")
while True:
    try:
        val = hx.get_weight(5)
        valn= val*(-1)
        print(round(valn,1))
        hx.reset()
        hx.power_down()
        hx.power_up()
        time.sleep(0.1)
    except (KeyboardInterrupt, SystemExit):
        cleanAndExit()
```

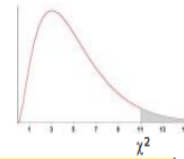
ANEXO F. TABLA IMPORTADA A LA BASE DE DATOS

7861024624725	agua dasani 1.2l	28.4	2
7862113551427	pure water 1.2l	27.5	2.3
7862110544064	agua cielo 0.5	14.7	1.3
7750670244954	agua cielo 0.625	15.2	1.3
759494005755	v220 0.6	22.8	1.7
759494001221	tesalia ice limon 0.5	23.4	1.3
7861024621076	agua dasani 0.6	20.3	1.3
7862110544125	big cola limon	34.9	1.3
7862110544651	agua cielo 1.2l	26	2
7862110544934	cifrut 1l	21	1.3
759494000354	guitic 0.5	22.9	1.3
759494004758	tesalia ice naranjilla 0.5	23.6	1.3
759494999702	agua tesalia 0.625	19.7	1.3
7861000117807	agua montana 0.6	19.6	1.3
78605251	vivant storm manzana 0.5	14.1	1.5
794166003301	agua vivant 1	28.9	1.5
7861024621243	powerade mora 1	57.3	2.2
7861024621489	powerade uva 1	57.3	2.2
7861024627719	del valle naranja 0.6	18.3	1.3
7861024610865	fuzetea 1	27.8	1.3
2807700720010	agua splendor 0.5	20	1.3
2302495040003	agua tariko 0.6	20.8	1.3
7862100720072	agua splendor 750	30.7	1.3
7861024611060	fuzetea 0.55	15.2	1.5
7861024621458	power ade FT 1l	44.7	2.3
7861024621243	power ade MA 1l	45	2.3
7862123120408	misha 500ml	30.5	2
759494999559	frutaris manzana 500	18.5	1.5
7862109432037	gatorade manzana 750	34.9	2.6
7861000129954	san felipe 500	21.9	1.3
78610246221465	power ade manzana 1l	44.4	2.3
7861024622905	power ade manzana 500	28.7	2
7861024606639	power ade MA 500	29.5	1.8
7862110544156	big cola negra	26.8	1.5
794166001536	vivant storm limon 0.5	13.5	1.5
7862100720010	agua splendor 500	15.6	1.5
7862110431388	bon oranje	17.3	2

ANEXO G. TABLA DE VALORES CRÍTICOS DE CHI CUADRADO.

Cátedra: Probabilidad y Estadística
 Facultad Regional Mendoza
 UTN

Tabla D.7: VALORES CRÍTICOS DE LA DISTRIBUCIÓN JI CUADRADA



g.d.l	0,001	0,005	0,01	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	g.d.l
1	10,828	7,879	6,635	5,412	5,024	4,709	4,218	3,841	2,706	2,072	1,642	1,323	1,074	0,873	0,708	1
2	13,816	10,597	9,210	7,824	7,378	7,013	6,438	5,991	4,605	3,794	3,219	2,773	2,408	2,100	1,833	2
3	16,266	12,838	11,345	9,837	9,348	8,947	8,311	7,815	6,251	5,317	4,642	4,108	3,665	3,283	2,946	3
4	18,467	14,860	13,277	11,668	11,143	10,712	10,026	9,488	7,779	6,745	5,989	5,385	4,878	4,438	4,045	4
5	20,515	16,750	15,086	13,388	12,833	12,375	11,644	11,070	9,236	8,115	7,289	6,626	6,064	5,573	5,132	5
6	22,458	18,548	16,812	15,033	14,449	13,968	13,198	12,592	10,645	9,446	8,558	7,841	7,231	6,695	6,211	6
7	24,322	20,278	18,475	16,622	16,013	15,509	14,703	14,067	12,017	10,748	9,803	9,037	8,383	7,806	7,283	7
8	26,124	21,955	20,090	18,168	17,535	17,010	16,171	15,507	13,362	12,027	11,030	10,219	9,524	8,909	8,351	8
9	27,877	23,589	21,666	19,679	19,023	18,480	17,608	16,919	14,684	13,288	12,242	11,389	10,656	10,006	9,414	9
10	29,588	25,188	23,209	21,161	20,483	19,922	19,021	18,307	15,987	14,534	13,442	12,549	11,781	11,097	10,473	10
11	31,264	26,757	24,725	22,618	21,920	21,342	20,412	19,675	17,275	15,767	14,631	13,701	12,899	12,184	11,530	11
12	32,909	28,300	26,217	24,054	23,337	22,742	21,785	21,026	18,549	16,989	15,812	14,845	14,011	13,266	12,584	12
13	34,528	29,819	27,688	25,472	24,736	24,125	23,142	22,362	19,812	18,202	16,985	15,984	15,119	14,345	13,636	13
14	36,123	31,319	29,141	26,873	26,119	25,493	24,485	23,685	21,064	19,406	18,151	17,117	16,222	15,421	14,685	14
15	37,697	32,801	30,578	28,259	27,488	26,848	25,816	24,996	22,307	20,603	19,311	18,245	17,322	16,494	15,733	15
16	39,252	34,267	32,000	29,633	28,845	28,191	27,136	26,296	23,542	21,793	20,465	19,369	18,418	17,565	16,780	16
17	40,790	35,718	33,409	30,995	30,191	29,523	28,445	27,587	24,769	22,977	21,615	20,489	19,511	18,633	17,824	17
18	42,312	37,156	34,805	32,346	31,526	30,845	29,745	28,869	25,989	24,155	22,760	21,605	20,601	19,699	18,868	18
19	43,820	38,582	36,191	33,687	32,852	32,158	31,037	30,144	27,204	25,329	23,900	22,718	21,689	20,764	19,910	19
20	45,315	39,997	37,566	35,020	34,170	33,462	32,321	31,410	28,412	26,498	25,038	23,828	22,775	21,826	20,951	20
21	46,797	41,401	38,932	36,343	35,479	34,759	33,597	32,671	29,615	27,662	26,171	24,935	23,858	22,888	21,991	21
22	48,268	42,796	40,289	37,659	36,781	36,049	34,867	33,924	30,813	28,822	27,301	26,039	24,939	23,947	23,031	22
23	49,728	44,181	41,638	38,968	38,076	37,332	36,131	35,172	32,007	29,979	28,429	27,141	26,018	25,006	24,069	23
24	51,179	45,559	42,980	40,270	39,364	38,609	37,389	36,415	33,196	31,132	29,553	28,241	27,096	26,063	25,106	24
25	52,620	46,928	44,314	41,566	40,646	39,880	38,642	37,652	34,382	32,282	30,675	29,339	28,172	27,118	26,143	25
26	54,052	48,290	45,642	42,856	41,923	41,146	39,889	38,885	35,563	33,429	31,795	30,435	29,246	28,173	27,179	26
27	55,476	49,645	46,963	44,140	43,195	42,407	41,132	40,113	36,741	34,574	32,912	31,528	30,319	29,227	28,214	27
28	56,892	50,993	48,278	45,419	44,461	43,662	42,370	41,337	37,916	35,715	34,027	32,620	31,391	30,279	29,249	28
29	58,301	52,336	49,588	46,693	45,722	44,913	43,604	42,557	39,087	36,854	35,139	33,711	32,461	31,331	30,283	29
30	59,703	53,672	50,892	47,962	46,979	46,160	44,834	43,773	40,256	37,990	36,250	34,800	33,530	32,382	31,316	30

ANEXO H. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA







AB

AUTOMATIC BOTTLE INTERCHANGE

INSTRUCCIONES:

1. La botella debe ser de 500ml a 1L.
2. La botella debe tener una etiqueta legible.
3. La botella debe estar vacía.
4. Se debe insertar tapa y botella por separado en los ranuras indicadas por flechas.
5. La tapa debe insertarse con la cara abierta.
6. La botella debe ser pesada de forma vertical.





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 30 / 11 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: Viviana Katerine Pino Pilco
Geoconda Alejandra Tibán Gavilanes

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: Informática y Electrónica

Carrera: Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales

Título a optar: Ingeniero en Electrónica en Control y Redes Industriales

f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.



Firmado electrónicamente por:
JHONATAN RODRIGO
PARREÑO UQUILLAS



30-11-2020

424-DBRAI-UPT-2020